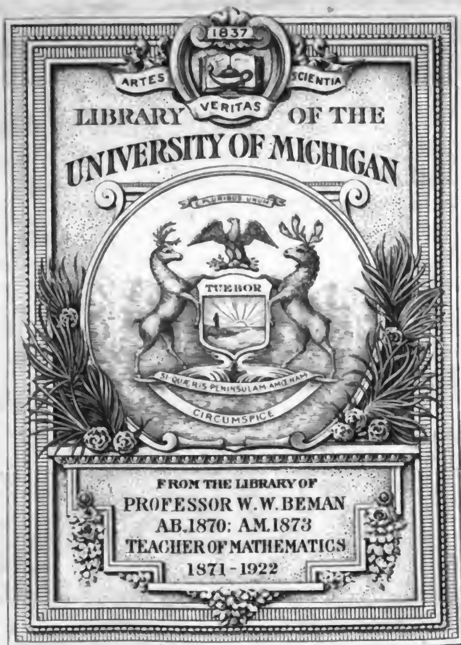
Physische Geographie

Siegmund Günther



1. T
sing
Mi
7. L
logi
u.
10a
10b
11
12
13
14
15

16 Griechische Altertums=kunde von Maisch u. Pohlhammer. Mit 9 Vollbildern. 2. Aufl.

17 Aufsatz=Entwürfe v. Prof. Dr. L. W. Straub. 2. Aufl.

18 Menschliche Körper, der. v. Realschuldir. Rebmann, mit Gesundheitslehre von Dr. Seiler. Mit 48 Abbildungen. 2. Aufl.

19 Römische Geschichte von Dr. Koch. ...

20 Deutsche Gra... Geschichte der deuts... Dr. O. Lyon. 3. Au...

21 Lessings Phil... 7j. Krieges. Ausw. v. ...

30 Pf.

Einleitungen
Aufl. 3. Les-
5. Lessings
. 5. Auflage.
handl. Theo-
tterarische
Abhandl.
n Aue,
u. Gottfr.
a. d. höf.
old. 2. Aufl.
lweide
und Spruch-
ter. 3. Aufl.
Luther,
Dichtungen
Pariser.
lkslied.
u. 18. Jahrh.
Ellinger.
aphie von
r. Mit 32
l.

27 Griechische u. Römische Mythologie v. Steuding. 2. Aufl.

28 Althochdtsche Litteratur m. Grammatik, Uebersetzung u. Erläuterungen v. Prof. Th. Schauffler. 2. Aufl.

29 Mineralogie v. Dr. R. Brauns, Professor an der Univ. Gießen. Mit 130 Abb. 2. Aufl.

30 Kartenkunde v. Dir. d. nautischen Schule E. Gelcich ...uter. Mit gegen 100 Abbild.

...e Litteraturge=... von Max Koch, Professor ...sität Breslau. 2. Aufl.

Urteile der Presse über „Sammlung Göschen".

Lehrerzeitg. f. Thüringen u. Mitteldeutschland: Diese **dauerhaft** und **elegant gebundenen** kleinen Bücher mit dem sehr handlichen Format 16/11 cm sind für Gymnasien, Realschulen, Lehrerseminare, höhere Mädchenschulen und verwandte Anstalten bestimmt. Der **sorgfältige, saubere Druck** verdient **volle Anerkennung.** Es ist ein **dankenswertes Unternehmen** der Verlagshandlung, in dieser **wirklich schönen Ausstattung gediegene Schulbücher** erscheinen zu lassen.

Südd. Bl. f. höh. Unterr.-Anst.: Nachdem die zwei ersten Auflagen von Nr. 10 der Göschenschen Sammlung (Nibelungen und Kudrun in Auswahl) beifällige Aufnahme und sehr raschen Absatz gefunden haben, sind Herausgeber und Verleger übereingekommen. diese **Nummer in zwei Bändchen zu zerlegen:** a) **Der Nibelunge Nôt** 2c. b) **Kudrun und Dietrichepen.** Dadurch ist es möglich geworden, den Text zu vermehren und ihn, sowie das Wörterbuch, mit größeren Lettern zu drucken ....

Deutsche Lehrerzeitg., Berlin: In knappster, aber doch allgemein verständlicher Form bietet uns **Dr. Fraas** die **Geologie.** Besonders aber hat uns das 14. Bändchen, welches die **Psychologie und Logik** enthält, ungemein angesprochen. **Elsenhans** versteht es, für diesen Lehrgegenstand Interesse zu erregen. Wer größere Werke nicht durchzunehmen vermag, wer halb Vergessenes auffrischen will, wer in Kürze Logik und Psychologie in den Grundzügen in leicht faßlicher Weise sich aneignen will, der greife zu diesem Büchlein. Er wird's nicht bereuen. **Lessings Philotas,** der bekanntlich in antikem Gewand den Geist des siebenjährigen Krieges und vor allem die Denkart Friedrichs des Großen schildert, und die Poesie des siebenjährigen Krieges sind echt patriotische und herzerfreuliche Gaben. Nach den vorliegenden Bändchen stehen wir nicht an, die ganze Sammlung aufs angelegentlichste nicht allein zum Gebrauch in höheren Schulen, sondern auch zur Selbstbelehrung zu empfehlen.

Schwäbischer Merkur: Der bekannte Jenaer Pädagog **Prof. Dr. W. Rein** giebt in der **„Pädagogik im Grundriß"** eine **nicht nur lichtvolle,** sondern **geradezu fesselnde** Darstellung der praktischen und der theoretischen Pädagogik. Jedermann, der sich für Erziehungsfragen interessiert, darf man das Büchlein **warm empfehlen.** Nicht minder trefflich ist die Bearbeitung, welche der Marburger Germanist Kauffmann der **Deutschen Mythologie** gewidmet hat. Sie beruht durchaus auf den **neuesten Forschungen,** wie sich an nicht wenigen Stellen, z. B. in dem schönen Kapitel über Baldr, erkennen läßt.

Staatsanzeiger: Das 20. Bändchen, das einen **Abriß der deutschen Grammatik** und im Anhange eine kurze Geschichte der **deutschen Sprache** enthält, bietet auch eine gute Uebersicht der deutschen Sprachlehre und deutschen Sprachgeschichte. Die **klare** und **knappe Darstellung** giebt auf engem Raum einen **überraschend reichen Stoff,** sie ist mehr ins Einzelne eingehend, als das kleine Bändchen erwarten läßt.

Sammlung Göschen

Physische Geographie

von

Dr. Siegmund Günther
Professor an der Kgl. Technischen Hochschule in München

Mit 32 Abbildungen

Zweite Auflage

Stuttgart
G. J. Göschen'sche Verlagshandlung
1895

W. W. Beman

6-9-1923

Litteratur.

Varenius, Geographia generalis, in qua affectiones generales telluris explicantur. Amsterdam 1650. (Die Ausgabe, Cambridge 1672, wurde von J. Newton besorgt.)

Bergman, Physisk Reskrifning över Jordklot, Upsala 1766.

Lulofs, Inleidinge tot eene natuur — en wiskoundige beschouwing des aardklots. Leiden 1750. Einleitung zur mathematischen und physischen Kenntnis der Erdkugel, deutsch von Kästner. Göttingen-Leipzig 1755.

Mallet-Röhl, Allgemeine oder mathematische Beschreibung der Erdkugel. Greifswald 1774.

Kant, Physische Geographie. Herausgeg. von Rink. Königsberg 1802.

Bode, Anleitung zur physischen, mathematischen und astronomischen Kenntnis der Erdkugel. Berlin 1820.

Link, Handbuch der physikalischen Erdbeschreibung. Berlin 1826.

Fr. Hoffmann, Physikalische Geographie. Berlin 1837—38.

A. v. Humboldt, Kosmos, Entwurf einer physischen Weltbeschreibung. Stuttgart-Tübingen 1845—58.

Peschel, Neue Probleme der vergleichenden Geographie als Versuch einer Morphologie der Erdoberfläche. Leipzig 1883 (4. Aufl.).

Peschel, Physische Erdkunde. Leipzig 1879. (Neue Auflage von Leipoldt. Ebenda 1884—85.)

Supan, Grundzüge der physischen Erdkunde. Leipzig 1885; 2. Aufl. ebenda 1895.

Günther, Lehrbuch der Geophysik und physikalischen Geographie. Stuttgart 1884—85.

Günther, Lehrbuch der physikalischen Geographie. Stuttgart 1891.

Hann, Handbuch der Klimatologie. Stuttgart 1883.

van Bebber, Lehrbuch der Meteorologie. Stuttgart 1890.

v. Boguslawski-Krümmel, Handbuch der Ozeanographie. Stuttgart, 1. Band 1884; 2. Band 1887.

v. Richthofen, Führer für Forschungsreisende. Berlin 1886.

Fraas, Geologie. Stuttgart, Sammlung Göschen.

Neumayr-Uhlig, Erdgeschichte. Prag-Leipzig 1895.

Gerland, Beiträge zur Geophysik (Zeitschrift; bisher erschienen Band I und Band II, Heft 1 und 2). Stuttgart 1887 ff.

A. Penck, Morphologie der Erdoberfläche, 2 Bde. Stuttgart 1894.

Berger, Geschichte der wissenschaftlichen Erdkunde bei den Griechen. Leipzig 1887—94.

Kretschmer, Die physische Erdkunde im christlichen Mittelalter. Wien-Olmütz 1889.

Peschel-Ruge, Geschichte der Erdkunde bis auf A. v. Humboldt und C. Ritter. München 1877.

Günther, Studien zur Geschichte der mathematischen und physikalischen Geographie. Halle a. d. S. 1877—79.

Regelmäßige Berichte über die Fortschritte der Geophysik bringt H. Wagners „Geographisches Jahrbuch“.

Druck von Carl Rembold, Heilbronn.

Inhalt.

I. Die Erde als Weltkörper.

In der mathematischen Geographie wird gezeigt, daß unserer Erde eine dreifache Bewegung zukommt: sie dreht sich mit einer Geschwindigkeit, welche seit 2000 Jahren sicherlich keine meßbare Veränderung erfahren hat und deshalb als konstant betrachtet werden kann, um ihre Achse; sie bewegt sich in Jahresfrist um die Sonne in einer Ellipse, deren Gestalt nicht zu allen Zeiten ganz die gleiche ist, die aber gegenwärtig von einem Kreise nur wenig abweicht; sie folgt endlich der im Weltraume selbst fortschreitenden, vielleicht selbst wieder als Glied in ein Weltsystem höherer Ordnung eingeschalteten Sonne. Die Erdachse bleibt bei diesen Bewegungen sich selbst nicht so völlig parallel, wie es der Fall wäre, wenn unser Planet eine geometrische und homogene Kugel wäre, sondern es tritt infolge der wechselnden Anziehung, welche Sonne und Mond auf die Erde ausüben, diejenige Erscheinung ein, welche man Präzession nennt:

Im Verlaufe von nicht ganz 26000 Jahren beschreibt die Umdrehungsachse der Erde die Mantelfläche eines Kreiskegels, dessen geometrische Achse die scheinbare Himmelskugel in den beiden Polen der Ekliptik, d. h. des anscheinend von der Sonne beschriebenen größten Kreises, schneidet.

Diese langsame Achsenbewegung bewirkt, daß die Fixsterne ausnahmslos zwar ihre Entfernung von der Ekliptik stets unverändert beibehalten, aber von dem durch die Durch-

schnittspunkte des Aequators und der Ekliptik sowie durch die Ekliptikpole gelegten Hauptkreise sich immer weiter zu entfernen scheinen. Die Zunahme ist insofern keine ganz gleichmäßige, als die Erdachse noch einer zweiten Bewegung unterliegt, welche Nutation heißt und an eine Periode von 19 Jahren geknüpft ist.

Die verfeinerten astronomischen Beobachtungen haben zu der Erkenntnis geführt, daß außer den erwähnten regelmäßigen auch noch Achsenschwankungen geringeren Betrages und von weniger regelmäßigem Charakter vorhanden sind, welche sich wohl auf Massenumsetzungen im Inneren der Erde zurückführen lassen. Insbesondere weiß man, daß für eine ganze Anzahl europäischer Orte die Polhöhe sich langsam vermindert, und daß diese Thatsache wirklich nur von einer Verlegung der Erdachse bedingt sein könne, hat man dadurch festgestellt, daß man gleichzeitig die Polhöhen auf der östlichen und westlichen Halbkugel bestimmte. Es sei M (Fig. 1) der Mittelpunkt der Erdkugel, AA′ der Aequator, PP′ die ursprüngliche Lage der Erdachse; letztere drehe sich von da in die Lage QQ′.

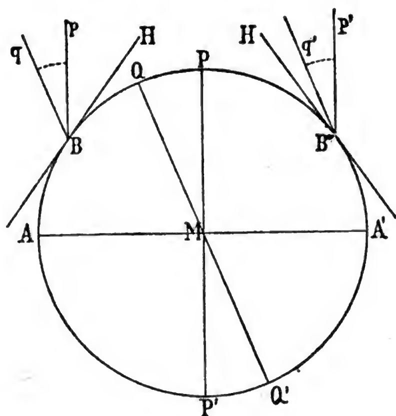


Fig. 1.

Wenn nun B irgend ein Erdort auf dem Meridiane ist, welcher die neue und die frühere Position des Poles mit

einander verbindet, und wenn BH den Horizont von B vorstellt, so ist die frühere und die neue Polhöhe des Punktes B bezüglich durch die Winkel pBH und qBH gegeben (Bp parallel zu MP, Bq parallel zu MQ); die Polhöhe ist mithin um den Winkel pBq größer geworden. Ferner sei B' ein auf der entgegengesetzten Halbkugel symmetrisch zu B gelegener Punkt, und die Buchstaben H', p', q' sollen ganz die entsprechende Bedeutung, wie vorhin, haben; man sieht, daß die Verlegung der Erdachse eine Verkleinerung der Polhöhe von B' um den Winkel p'B'q' zur Folge gehabt hat. Allerdings haben wir hier einen besonders einfachen Fall ins Auge gefaßt, allein es läßt sich diese Betrachtung leicht verallgemeinern, und so ergibt sich denn auch allgemein:

Eine Verschiebung der Drehungsachse im Erdinneren muß sich dadurch zu erkennen geben, daß sich die Polhöhen (oder geographischen Breiten) zweier um 180° in Länge verschiedener Erdorte in gleicher Zeit um gleichviel ändern, so jedoch, daß die eine größer, die andere kleiner wird.

Indem man nun die zu Berlin angestellten Messungen der Polhöhe mit denjenigen verglich, welche Marcuse gleichzeitig auf den Sandwich-Inseln gemacht hatte, fand sich letzteres vollauf bestätigt. Damit war aber zugleich ausgesprochen, daß die Umdrehungsachse der Erde nicht nur in Verbindung mit dieser letzteren, sondern auch für sich allein Schwankungen unterworfen ist.

Wahrscheinlich gilt ähnliches für alle mit Achsenrotation begabten Himmelskörper, mit denen ja unsere Erde auch sonst in den mannigfaltigsten Hinsichten übereinstimmt. Inwieweit sämtlichen Mitgliedern des Sonnensystemes ein einheitlicher Ursprung zuzuerkennen ist, können wir freilich nicht mit Sicherheit entscheiden, doch ist ein solcher Ursprung zum mindesten

als sehr wahrscheinlich zu erachten. Die von Swedenborg und Kant in gegenseitiger Unabhängigkeit begründete, von Laplace in eine strengere wissenschaftliche Form gebrachte kosmogonische Hypothese geht davon aus, daß der gesamte zur Zeit auf die einzelnen Bestandteile des Systemes verteilte Weltenbaustoff dermaleinst eine einzige ungeheure Kugel im Zustande äußerster Verdünnung erfüllt habe. Diese Kugel, die sonach bis über die Neptunsbahn hinaus gereicht haben müßte, habe sich um ihre Achse gedreht, und als an ihrem Aequator die Schwungkraft über den inneren Zusammenhang der Teile den Sieg davontrug, habe sich von ersterer zuerst ein dünner Ring abgelöst, der nachher selbst wieder zerrissen sei und sich in eine größere Kugel nebst mehreren kleineren und ihr gegenüber planetarischen Kugeln (Monde, Trabanten) aufgelöst habe. Dies dauerte fort, bis sich sämtliche Planeten nebst ihren Begleitern herausgebildet hatten, und bis der Urkörper auf den an sich zwar noch immer großen, im Verhältnis zum Anfangszustande dagegen winzigen Ball zusammengeschrumpft war, welchen wir eben die Sonne nennen.

Gewiß hat diese Theorie der Weltenbildung ihre schwachen Stellen, namentlich insofern, als der Drehsinn der einzelnen Planetenmonde — vorab beim Uranus — kein so vollkommen übereinstimmender ist, als zu Laplaces Zeiten noch mit Recht vorausgesetzt werden durfte. Jedenfalls aber verträgt sich dieselbe gut mit den Thatsachen, welche in späteren Jahren die Chemie der Himmelskörper, die Spektralanalyse, ermittelt hat. Danach steht nämlich folgendes fest:

Die meisten Stoffe, welche durch die Mineralogie und Geognosie als die Urbestandteile oder Elemente der unsere Erdrinde zusammensetzenden mineralischen Massen aufgezeigt werden konnten, gehören auch der Sonne und anderen Fixsternen an.

Sogar gewisse Elemente, welche ursprünglich bloß am Himmel aufgefunden worden waren, sind, wie die Fortschritte der Scheidekunst ergaben, der Erde nicht fremd. So hatte man mit Hilfe des Spektroskopes ein äußerst feines, in den obersten Schichten der Sonnenhülle schwebendes Gas, das Helium, erkannt, und dieses ist neuerdings von englischen Chemikern als auch in irdischen Körpern enthalten nachgewiesen worden.

Ganz dasselbe Resultat lieferte die Zerlegung der in der Form von Sternschnuppen auf die Erde herabgefallenen Meteorite. Es sind dies höchst wahrscheinlich selbständige Weltkörperchen, welche in Schwärmen die Sonne umgeben und, wenn sie einmal zufällig in die Anziehungssphäre unseres Planeten geraten, auf diesen herabstürzen. Zwar bemerkte man in ihnen mehrfach neue Mineralverbindungen, nicht aber ein unbekanntes Element, und was die ersteren anbetrifft, so hat Daubrée mehrere derselben im Laboratorium auf synthetischem Wege nachzubilden gelehrt.

II. Die Gestalt, Schwere und Dichte der Erde.

Nachdem die bereits von den griechischen Astronomen begründete Lehre von der Kugelgestalt der Erde, welche dem Mittelalter teilweise verloren gegangen war, gegen das Ende des XV. Jahrhunderts sich wieder zur unbedingten Geltung durchgerungen hatte, erwies sich zweihundert Jahre später eine Vervollkomnung dieser Lehre als notwendig. Sowohl durch ausgedehnte Vermessungsarbeiten wie auch durch Pendelbeobachtungen stellte sich nämlich die Wahrheit eines Satzes heraus, den wir nachstehend in möglichst kurzen Worten aussprechen:

Die durch die beiden Pole hindurchgehenden Erdmeridiane

sind keine eigentlichen Kreise, sondern Ellipsen, und da dieselben unter sich so gut wie gleich sind, so kann der Erdkörper als ein durch Umdrehung einer Ellipse um ihre kleine Achse entstandenes Rotationsellipsoid oder Sphäroid angesehen werden, so daß also an den Polen eine Abplattung und am Aequator eine Auftreibung zu bemerken ist. Die Mechanik beweist, daß ein Pendel von gegebener Länge unter stärkerem Einflusse der Schwerkraft rascher schwingt als unter deren verminderter Einwirkung, und da wir uns die Erdschwere im Mittelpunkte vereinigt denken können, so muß auf einer abgeplatteten Erde ein Sekunden schlagendes Pendel am Aequator kürzer als unter einer höheren Breite sein. Da die Pendelmessungen dies durchaus bestätigt haben, so war auch der physikalische Beweis für die durch Messung der Meridiangrade bereits nahe gelegte Thatsache erbracht.

Ein Erdmeridian hat also die Gestalt einer Elipse APA'P' (Fig. 2); die Strecke AA' (Aequatordurchmesser) ist die **große Achse**, die Strecke PP' (Polardurchmesser und Drehungsachse) ist die **kleine Achse** der Meridianellipse. Unter der **Erdabplattung** versteht man einen ächten Bruch gleich (MA-MP) : MA, wofür auch, wenn die Halbachse MP bis zum Durchschnitte T mit dem um den Mittelpunkt M mit MA als Halbmesser beschriebenen Kreise verlängert wird, der Bruch PT : MA gesetzt werden kann. Der Wert dieses Bruches beträgt den neuesten Untersuchungen zufolge 1 : 299.

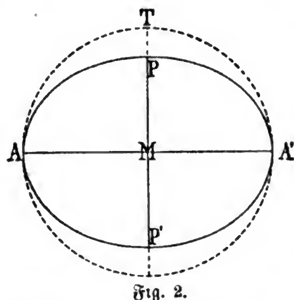


Fig. 2.

Im gegenwärtigen Jahrhundert wurden die Erdmessungen

immer häufiger, und mehr und mehr wuchs die Schwierigkeit, ein Sphäroid ausfindig zu machen, welchem sich alle auf die eine oder andere Weise erhaltenen Gradlängen gleich gut anpassen ließen. So mußte man sich endlich zu der Annahme bequemen, daß der Erdgestalt Unregelmäßigkeiten anhaften; zur näheren Erforschung derselben rief General Baeyer die „mitteleuropäische Gradmessung“ ins Leben, welche sich durch die Teilnahme anderer Staaten bald zur „europäischen Gradmessung“ erweiterte. Durch dieselbe wurde unser ganzer Erdteil mit Dreiecken bedeckt, durch deren Berechnung sich stets klarer der unser ganzes Wissen in dieser Frage zusammenfassende Erfahrungssatz herausstellte:

Jene Fläche, welche das zwischen Ebbe- und Fluthöhe mitten inne liegende „Mittelwasser“ einer von Wind und Wellen ungestörten Meeresfläche darstellt, eine Fläche, welche wir uns unter den Festländern kanalförmig ausgedehnt denken können, und welche wir als Geoid (γῆ, Erde; εἰδής, ähnlich) bezeichnen, besitzt überhaupt keine ganz genaue geometrische Gestalt.

Eine tropfbare Flüssigkeit kann sich nicht im Zustande der Ruhe befinden, solange sie nicht in jedem ihrer Punkte auf der durch das Bleilot angegebenen Richtung senkrecht steht. Damit ist auch weiter klargestellt:

In jedem Punkte des Geoides deckt sich die geometrische Normale mit der Mittelkraft der durch Erdanziehung und Schwungkraft dargestellten Seitenkräfte.

Gleichwohl ist es möglich, ein Normal- oder Referenzellipsoid anzugeben, welches sich der wahren Erdgestalt so genau anschmiegt, daß nur geringfügige Unterschiede übrig bleiben. Der direkte Abstand zweier sich entsprechender Punkte beider Flächen kann allerhöchstens auf ein paar hundert Meter ansteigen, wie denn auch die sogenannte Lotabweichung,

d. h. der Winkel zwischen der theoretisch berechneten und der beobachteten Lotrichtung, sich stets nur in ganz kleinen Werten bewegt. In den meisten Fällen darf also die Erde nach wie vor als ein Ellipsoid, ja sogar als eine Kugel (von 6370 km Halbmesser) betrachtet und behandelt werden.

Die Dichte und Masse des Erdkörpers sind neuerdings sehr genau ermittelt worden. Wenn wir uns zwei genau gleiche Gefäße vorstellen, das eine A gefüllt mit destilliertem Wasser, das andere B mit Erdsubstanz, unter der Voraussetzung, daß dieselbe homogen durch den ganzen Erdkörper hindurch verteilt sei, so wäre Gefäß B 5,59 schwerer als Gefäß A. Die Erddichte beträgt mithin 5,59. Da die Stoffe, aus denen unsere Erdkruste besteht, meistenteils ein geringeres spezifisches Gewicht, als es durch diese Zahl gegeben ist, besitzen, so muß die Dichte nach innen zu wachsen. Auch scheint einstweilen nichts gegen die Vermutung zu sprechen, daß alle Punkte des Erdinneren, für welche die Dichte die gleiche ist, auf Flächen liegen, welche sich schalenförmig umschließen.

III. Erdwärme und Erdinneres.

Wenn von der Temperatur im Inneren der Erde gesprochen wird, so hat man stets zwei ganz verschiedenartige Dinge auseinanderzuhalten. Die Außenseite des frei im Weltenraume schwebenden Erdkörpers wird durch die Strahlen der Sonne erwärmt, und diese dringen auch durch die oberflächlichen Schichten der festen Erdrinde. Es reicht jedoch diese Sonnenwirkung nicht tief hinab. Die tägliche Temperaturperiode, d. h. der durch den Gegensatz von Tag und Nacht zu kennzeichnende Temperaturunterschied, wird schon in geringer Tiefe unter der Oberfläche unmerkbar, während aller-

dings die jährliche Temperaturperiode weiter gegen das Innere vordringt. Immerhin ist auch die vom Gegensatze zwischen Sommer und Winter noch berührte Schicht keine sehr dicke. In den Kellern der Pariser Sternwarte, in denen zuerst Beobachtungen dieser Art angestellt wurden (De la Hire gegen das Ende des XVII., Lavoisier mit einem noch jetzt vorhandenen Quecksilberthermometer gegen das Ende des XVIII. Jahrhunderts) herrscht jahraus jahrein, mit kaum erkennbaren Schwankungen, dieselbe Temperatur von 12°. Es gibt mithin eine gewisse neutrale Fläche, welche eine schmale äußere Kugelschale, die an den Veränderungen der eingestrahlten Sonnenwärme teilnimmt, von einem unverhältnismäßig größeren zentralen Teile scheidet. Die innerhalb dieser kompakten Kugel herrschende Wärme wird die Eigenwärme der Erde genannt.

Die neutrale Fläche verläuft durchaus nicht etwa, wie es zunächst den Anschein haben könnte, der Außenseite der Erde parallel, sondern sie hat zwar im allgemeinen eine ellipsoidische Gestalt, aber ihre Entfernung von der Oberfläche richtet sich nach dem klimatischen Charakter der betreffenden Erdstelle. Unter den Tropen z. B., wo es Sommer und Winter in dem uns Europäern geläufigen Sinne gar nicht giebt, liegt jene Fläche in weit geringerer Tiefe als in der gemäßigten Zone oder gar in der Nähe der Pole. Der Art — nicht natürlich den wirklichen

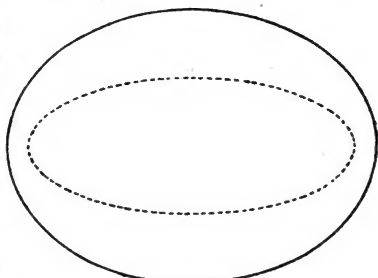


Fig. 3.

Abmessungen — nach giebt in Figur 3 die innere (gestrichelte) Linie ein Bild vom Verlaufe der neutralen Fläche; die äußere Ellipse entspricht einem Erdmeridiane.

Ueberall in jenen Gegenden, deren mittlere Jahrestemperatur unter dem Nullpunkte bleibt, ist die neutrale Fläche zugleich die Grenzfläche des ewigen unterirdischen Eisbodens. Man hat diesen letzteren im östlichen Sibirien entdeckt, als es nicht gelingen wollte, beim Graben tiefer Brunnen auf fließendes Wasser zu stoßen. Die Grenze dieses Erdbodens läßt sich auf der Nordhalbkugel — und auf der südlichen (Wasser-) Halbkugel liegen ja überhaupt die Dinge ganz anders — mit ziemlicher Genauigkeit angeben: am tiefsten gegen den Aequator senkt sie sich eben im asiatischen Rußland herab, wo sie auf eine ziemlich große Strecke dem 50. Parallelkreise treu bleibt, und nur in den Hudsonsbailändern steigt sie noch einmal gleich tief herab, diesmal jedoch nur vorübergehend.

Wir betrachten jetzt die Veränderungen der Temperatur, welche sich ergeben, wenn man sich von der neutralen Fläche ab, vorausgesetzt, daß der Boden nicht etwa gefroren ist, dem Erdmittelpunkte nähert. Bergwerke und Bohrlöcher gewähren die beste Gelegenheit, Temperaturmessungen dieser Art vorzunehmen. Man bemerkt, daß die Temperatur nach unten zu ununterbrochen wächst, und zwar ist dieses Wachstum für verschiedene Erdhalbmesser zwar ein sehr verschiedenes, für den nämlichen Erdhalbmesser dagegen ein ziemlich konstantes. Für sehr viele in Europa und Amerika gelegene Orte hat man die geothermische Tiefenstufe bestimmt, d. h. jene Anzahl von Metern (auch in Bruchteilen des Erdhalbmessers auszudrücken), auf welche eine Erhöhung der Temperatur um 1° des hundertteiligen Thermometers entfällt. Genauere Untersuchung führte zu folgendem Erfahrungssatze:

Von der neutralen Fläche aus nimmt die Temperatur bei radialem Vordringen unausgesetzt und stetig zu, so daß im allgemeinen die Differenz zweier in verschiedenen Tiefen genommenen Temperaturen der Differenz dieser Tiefen selbst proportional bleibt.

Allerdings mußte sich die Bestätigung dieses Satzes nur immer auf eine äußere Schicht beschränken, weil die größte absolute Tiefe, welche der menschlichen Kunst bisher zu erreichen vergönnt war, nur wenig über 2000 m beträgt (etwa 1 : 3200 des Erdhalbmessers), und es kann nicht mit Bestimmtheit behauptet werden, daß das Gesetz, nach welchem die Veränderung der inneren Erdtemperatur sich zu richten scheint, auch in größerer Nähe am Zentrum das gleiche bleiben müsse. Immerhin ist letzteres das ungleich wahrscheinlichere, da die Natur niemals Sprünge macht, und wie gering man auch die geothermische Tiefenstufe in größerer Entfernung von der Oberfläche veranschlagen möge, so kann man sich doch der Ueberzeugung nicht entschlagen, daß im Inneren des Erdballes die dort herrschende Temperatur eine ungemein hohe, alle uns bekannten Temperaturgrade weitaus übersteigende sein muß.

Nun ist bekannt, daß die Wärme den inneren Zusammenhang der kleinsten Teilchen, aus denen wir uns jeden Körper zusammengesetzt zu denken haben, zu lockern bestrebt, daß der auf einen Körper ausgeübte Druck aber im entgegengesetzten Sinne thätig ist. Zunächst nimmt beim Eindringen in die Erde mit der Temperatur auch der Druck zu, aber schon ziemlich bald nimmt derselbe seinen größten Wert an, und von da ab nimmt er wieder ab, während die Temperatur zu steigen fortfährt. So kann es nicht ausbleiben, daß diese letztere schließlich eine Höhe erreicht, bei welcher der Druck ganz und gar unwirksam wird. Es giebt nämlich für jeden Stoff eine gewisse

Grenztemperatur, jenseits deren er in keinem anderen als in dem gasförmigen Aggregatzustande mehr zu bestehen vermag; man sagt dann, die Temperatur sei an dem für die betreffende Substanz kritischen Punkte angekommen. Für die meisten der bekannteren Körper ist diese kritische Temperatur durch Versuche ausgemittelt werden, und es fand sich, daß dieselbe niemals so hoch ist, wie jene, die man schon in verhältnismäßig größeren Entfernungen vom Erdmittelpunkte voraussetzen muß, man mag sich auch die Zunahme der inneren Erdwärme noch so gemächlich vorstellen. Verhält es sich aber so, dann bleibt uns nur eine einzige Auffassung der im Erdinneren obwaltenden Zustände möglich.

Eine Hohlkugel, konzentrisch zum Erdzentrum, muß sich im überkritischen Zustande befinden, d. h. mit Gasen erfüllt sein, deren Temperatur eine zu hohe ist, als daß der immer noch beträchtliche dort herrschende Druck jene zu verflüssigen oder gar zu verfestigen vermögend wäre.

Selbstverständlich hat die so bestimmte Hohlkugel keine feste Grenzfläche, sondern der Uebergang kann nur ein ganz allmählicher sein, und es ist nur eine einfache Folge der obigen Hypothese, wenn wir uns dahin aussprechen, daß im Inneren der Erde sämtliche überhaupt denkbare Aggregatzustände in lückenlosem Uebergange vorhanden sein müssen. In Fig. 4 wird ein Bild dieser Anordnung zu geben versucht. Eine feste, aus Mineralien der verschiedensten Art zusammengesetzte Kruste bildet nur einen vergleichsweise dünnen Ueberzug, eine Haut,



Fig. 4.

über deren Mächtigkeit sich irgend etwas sicheres nicht aussagen läßt. Die Festigkeit und Starrheit der die Rinde hauptsächlich bildenden Gesteine wird in größeren Tiefen eine geringere werden, denn aus einer analytischen Prüfung geht hervor, daß bei sehr starkem Drucke auch die festesten Körper in einen eigenartigen Uebergangszustand geraten, in dem sie zwar nicht eigentlich tropfbar flüssig sind, mit wirklichen Flüssigkeiten aber das gemein haben, daß der Druck sich nicht nur in der Kraftrichtung, sondern gleichmäßig nach allen Seiten fortpflanzt. Wir nennen Körper dieser Art latent-plastisch. In größeren Tiefen, wo auch die Temperatur noch das ihrige beiträgt, um die freie Beweglichkeit der Teilchen zu vergrößern, wird die Plastizität in wirkliche Flüssigkeit übergehen, und zwar werden, wenn wir von oben nach unten fortschreiten, zähflüssige, breiartige Massen — das griechische Wort für knetbaren Teig, Magma, ist zugleich das für solche Stoffe gebräuchliche — nach und nach von immer flüssigeren Massen abgelöst werden, und an deren Stelle tritt endlich eine Mischung von Gasen. Diejenigen Gase, welche die geringste Dichte haben, werden voraussichtlich tiefer gelagert sein, als die spezifisch schwereren, und es erscheint auch sehr wohl denkbar, daß in der Umgebung des Mittelpunktes die Gase ihre Eigenart vollkommen eingebüßt haben, daß dort also nur noch, wie der Chemiker zu sagen pflegt, ein einatomiges Gas zu finden ist.

Der Einwurf, daß ja (S. 12) die an der Oberfläche befindlichen Stoffe minder dicht als die weiter nach innen zu gelagerten sein müssen, wiegt nicht schwer, sobald man sich vergegenwärtigt, daß wir über das physikalische Verhalten solcher Körper, wie wir sie soeben in den inneren Teilen der Erde uns vorstellten, nicht das mindeste wissen. Diese Gase sind

die Träger einer ungeheuren Menge von Spannkraft oder potentieller Energie, gewaltige Kraftmagazine, deren Inhalt sich, wenn die Möglichkeit dazu gegeben wäre, unverzüglich in die stärkste kinetische Energie umsetzen würde. Unter solchen Umständen wird die Dichte dieser Gase wohl gewiß weit größer als die Dichte derjenigen Gase sein, welche unseren Laboratoriumsversuchen für gewöhnlich zugänglich sind. Auch daran ist nicht zu denken, daß etwa die infolge äußerlicher Abkühlung fest gewordenen Oberflächenbestandteile niedergesunken sein und nach und nach um den Mittelpunkt herum einen festen Kern gebildet haben könnten. Experimente vieler Physiker und Geologen haben uns mit einer bemerkenswerten Thatsache bekannt gemacht: Bei weitaus den meisten im Zustande der Schmelzflüssigkeit befindlichen Körpern tritt im Augenblicke des Festwerdens nicht etwa eine Vermehrung, sondern im Gegenteile eine wenn auch nur geringe Verminderung des spezifischen Gewichtes ein. Die abgeschiedene Schlacke schwimmt auf dem Schmelzflusse, sinkt aber nicht in denselben ein. Damit ist nun aber, wenn wir die Vorgänge bei der Abkühlung unserer Erde uns vor Augen führen, offenbar der Annahme Vorschub geleistet, daß sich eine nicht allzu dicke, äußere Rinde bildete, jenseits deren sich die Aggregatzustände in der geschilderten Weise anordneten.

Nicht verschwiegen soll jedoch werden, daß bedeutende Geophysiker, vorab in England, sich die Dinge anders zurechtgelegt haben. Sie glauben, die untere Grenzfläche der festen Erdrinde werde von einem aus geschmolzenen Substanzen bestehenden Magma-Meere bespült, in welches die einzelnen Schollen der durch Risse und Sprünge in unregelmäßige Stücke zerteilten Erdkruste hinabtauchten. Ganz abgesehen von der Schwierigkeit, sich solch unvermittelten Uebergang vom

Festen zum Flüssigen nur zu denken, geschweige denn ihn ursächlich zu ergründen, hat diese Ansicht auch mit schweren astronomischen Bedenken zu kämpfen. Die Erscheinungen der Präzession und Nutation nämlich, von deren Wesen oben (S. 5) gehandelt wurde, stimmen nur dann mit den auf mathematischem Wege dafür erhaltenen Werten zusammen, wenn man die Erde als aus einem absolut unnachgiebigen Stoffe bestehend voraussetzt, aus einem Stoffe, welchem beiläufig die Härte des Glases oder Stahles zukäme. Wenn dagegen im Erdinneren feste und flüssige Stoffe mit erkennbaren, deutlich ausgesprochenen Grenzflächen verteilt wären, dann müßten an diesen Grenzen Reibungswiderstände auftreten, bei deren Berücksichtigung für die Präzessions- und Nutationskonstante ganz andere Zahlen erhalten würden, als die sind, welche thatsächlich aus den Beobachtungen folgen. Ein Körper hingegen, wie wir ihn vorher schilderten, ein Körper, in dessen Innerem alle denkbaren Molekularzustände mit unmerklichen Uebergängen vertreten sind, der also für innere Reibung die denkbar ungünstigsten Vorbedingungen darbietet — ein solcher Körper kann offenbar, was die Rotation betrifft, gerade wie ein starrer Körper betrachtet werden, und von einer gegenseitigen Hemmung oder Drehungsverzögerung der einzelnen Schichten ist keine Rede mehr.

Gerade von geologischer Seite ist der vorstehend entwickelten Anschauung von der Beschaffenheit des Erdinneren immer entschiedener zugestimmt worden. Schon Franklin meinte, komprimierte Luft müsse den Erdkern bilden; unsere Darlegung wird gezeigt haben, daß diese Ansicht zu einer Zeit, welche von der Natur der Gase nur erst eine unvollkommene Kenntnis besaß, nichts weniger denn verwerflich war.

IV. Die Erdrinde.

Mit den gesteinsbildenden Mineralien und felsbildenden Gesteinen, aus denen die feste Erdrinde sich aufbaut, machen uns die beiden Hilfswissenschaften der Mineralogie (Petrographie) und Geognosie bekannt. Für uns kommt hier wesentlich der große Gegensatz in Betracht, welcher zwischen den aus feurig-flüssigen (magmatischen) Stoffen erstarrten Ergußgesteinen und den auf mechanisch-chemischem Wege aus Wasser abgesetzten Schicht- oder Sedimentgesteinen obwaltet. Die Abkühlung kann im ersteren Fall eine langsamere (plutonische Gesteine) oder eine rasche, selbst plötzliche (vulkanische Gesteine) gewesen sein. Zur ersteren Gattung rechnen wir einen der mächtigsten Gebirgsbildner, den ein Gemenge aus Feldspat, Quarz und Glimmer darstellenden Granit, der in Verbindung mit uralten Sedimentgesteinen, Gneis, Glimmerschiefer und Phyllit die Erdrinde in ihren tieferen Teilen bildet, so zwar, daß der am weitesten verbreitete Gneis direkt als die ursprüngliche Erstarrungsrinde der — früher (S. 8) gasförmigen und flüssigen — Erde angesprochen werden kann. Granit und Gneis, die übrigens trotz ihres Tiefencharakters auch an vielen Orten sichtbar sind oder, wie die Geologie sich ausdrückt, anstehen, sei es, daß ein Durchbruch stattgehabt, sei es, daß Zerstörung eine darüber gelagerte Gesteinsdecke weggeschafft hat, sind ihrer petrographischen Zusammensetzung nach, so viele in Kleinigkeiten abweichende Spielarten beider Gesteine es auch geben mag, nicht von einander verschieden; wohl aber ist als unterscheidendes Merkmal das anzusehen, daß Granit stets als körniges, krystallinisches Massengestein auftritt, während sich bei

dem regellosen, amorphen Gneis deutliche Spuren einer eben auf den wässerigen (diagenetischen) Ursprung hinweisenden Schichtung wahrnehmen lassen.

Sehr verschieden sind diejenigen molekularen Anordnungen der Gesteinsarten, für welche die Namen Schichtung und Schieferung im Gebrauche stehen. Durch erstere zerfällt eine ganze Gebirgsmasse in parallelepipedische Räume, deren Grenzflächen ursprünglich, als der Niederschlag aus dem Wasser vor sich ging, horizontale Ebenen gewesen sein müssen. Heutzutage freilich sind die Schichtflächen oftmals sehr unregelmäßig, wie sich in diesem Abschnitte weiterhin zeigen wird, aber der Anfangszustand ist doch in der Regel noch zu erkennen. Zwischen Schichtung und ächter Schieferung besteht kein tiefer gehender Unterschied, indem nur in letzterem Falle die Einzelschichten sehr dünn — oft nicht dicker als Papierblätter — geworden sind. Ganz anders ist es mit der transversalen oder falschen Schieferung (cleavage) bestellt; das von ihr betroffene Gestein weist auch eine gewisse Parallelstruktur auf, allein diese hat mit dem Vorgange des Abgeschiedenwerdens aus dem Wasser nichts zu thun, sondern ist auf innere Pressungen zurückzuführen, denen die Gesteinsmasse während der großen Umbildungsprozesse innerhalb der Erdrinde ausgesetzt war. Der Winkel, welchen die Trennungsflächen der Schieferung mit dem Horizonte bilden, ist von demjenigen, unter welchem die Schichten geneigt sind, oft beträchtlich verschieden.

So wenig nun darüber ein Zweifel bestehen kann, daß Gneis, Granit und krystallinische Schiefer als die absolut ältesten unter den unserer Untersuchung zugänglichen Gesteinen zu gelten haben, wenn auch vielleicht einzelne (skandinavische) Granitdurchbrüche in eine etwas spätere Zeit fallen,

ebensowenig läßt sich in der Mehrzahl der Fälle aus der bloßen Betrachtung des Gesteines ein Anhaltspunkt dafür ableiten, welche von zwei gegebenen Schichten relativ älter als die andere, d. h. vor dieser aus dem Wasser abgeschieden worden ist. Kalkstein, Sandstein, Thon- und Mergelbänke kommen in alten und jungen Schichten ganz gleichmäßig vor, und nur da ist die relative Altersbestimmung leicht durchzuführen, wo die Lagerung seit der ersten Entstehung der Schichten nicht wesentlich gestört wurde, wo also die jüngeren Schichten ähnlich wie die Blätter eines Buches auf den älteren liegen. So hat sich z. B. an verschiedenen Stellen der Erde für das Urgebirge eine Altersklassifikation ermöglichen lassen. Sehr häufig aber würden wir, wenn wir vor den durch elementare Naturgewalt aus ihrer ursprünglichen Lage gebrachten Schichten stehen, ein unlösbares Rätsel vor uns haben, wenn uns nicht wiederum die Natur selbst durch die ins Gestein eingeschlossenen fossilen Tier- und Pflanzenüberreste ein unübertreffliches Hilfsmittel der geologischen Altersbestimmung an die Hand gegeben hätte. Auf Grund dieser Einschlüsse sah sich die Geologie, d. h. deren Unterdisziplin, die Versteinerungskunde oder Paläontologie, in den Stand gesetzt, die Erdkruste in größere oder kleinere, durch Horizonte abgegrenzte Unterabteilungen zu zerlegen, deren jede einen doppelten Namen führt, je nachdem man den Ort der betreffenden Schichtenreihe oder die Zeit, da sie sich aus dem Wasser abschied, ins Auge faßt. Für die physikalische Geographie ist die Kenntnis dieser Benennungen unentbehrlich, weil ohne sie die Oertlichkeit, bei welcher irgend ein Ereignis sich vollzog, nicht scharf bestimmt werden könnte, doch sollen hier nur die wichtigsten Stufen herausgegriffen werden. Zu unterst also kommt das versteinerungslose oder azoische Urgebirge; daß auch damals,

als dieses sich bildete, schon ein gewisses organisches Leben bestanden haben kann, dürfen wir nicht bestreiten, vielmehr können wir nur soviel behaupten, daß dasselbe keine für uns erkennbaren Spuren zurückgelassen hat. Von unten auf folgen sich nun die einzelnen Formationen und Formationsglieder in Gemäßheit der nachstehenden Zusammenstellung:

I. Azoische Formation oder azoische Aera.

Nordamerikanische Entwicklung.	Deutsche Entwicklung.
a) Laurentische Gneisformation.	a) Bojische Gneisformation.
b) Huronische Gneisformation.	b) Herzynische Gneisformation.
	c) Glimmerschieferformation.
	d) Phyllitformation.

II. Paläozoische Formation oder paläozoische Aera.

1. Kambrium.	2. Silur.	3. Devon.	4. Karbon.	5. Dyas od. Perm.
Noch nicht in scharf getrennte Gruppen zu sondern.	a) Unteres b) Mittleres. c) Oberes.	a) Unteres. b) Mittleres. c) Oberes.	a) Kulm od. Kohlenkalk. b) Produktive Steinkohle.	a) Rot- od. Totlgds. b) Kupferschiefer. (spez. in Mitdschld.) c) Zechstein.

III. Mesozoische Formation oder mesozoische Aera.

1. Trias.	2. Jura.	3. Kreide.
a) Buntsandstein. b) Muschelkalk. c) Keuper.	a) Schwarzer Jura oder Lias. b) Brauner „ „ Dogger. c) Weißer „ „ Malm. d) Tithon.	a) Neokom. b) Gault und Wälderthon. c) Zenoman. d) Turon. e) Senon. f) Dänische Stufe.

IV. Känozoische Formation oder känozoische Aera.

1. Tertiär.	2. Quarternär oder Quartär.
Eogen. { a) Eozän. b) Oligozän. Neogen. { c) Miozän. d) Pliozän.	a) Diluvium. b) Alluvium oder rezente Zeit.

Die einzelnen Namen haben entweder eine lokal-geographische oder aber eine mineralogische Bedeutung. So waren die alten Silurer ein Volk im westlichen England, Neocomum ist der alte Name für die schweizerische Stadt Neuenburg,

wogegen das Wort Karbon bedeutet, daß die Kohle, welche man ja in allen Formationen antrifft, hier ihre mächtigste Entwicklung gefunden hat. Selbstverständlich sind die einzelnen Aeren, Perioden, Epochen u. s. w. nicht durch scharf ausgesprochene Grenzflächen von einander getrennt, sondern es vollzieht sich der Uebergang von den älteren zu den jüngeren Schichten mehr allmählich. Die bestimmteste Trennungsfläche ist entschieden jener Horizont, welcher meso- und känozoische Formation, jüngste Kreide und ältestes Tertiär von einander scheidet, aber selbst dies gilt eigentlich nur für die sogenannte Alte Welt, denn in einigen Gebirgen Nordamerikas verläuft die Kreide unmerklich im Eozän, indem Versteinerungen, die anderwärts mit Bestimmtheit dem einen oder anderen Stockwerke zuzurechnen wären, sich hier neben einander, im nämlichen Horizonte, vorfinden. In diesem Lande war demnach der Uebergang ein sanfter, während anderwärts große Erdrevolutionen das Ende der Kreidezeit begleiteten.

Die Wissenschaft gestattet uns übrigens nicht nur, die ungefähre Zeit des Niederschlages gewisser Schichten zu bestimmen, sondern sie vermag durch gewisse Kennzeichen in der Gestalt der vorweltlichen Tiere, d. h. durch die sogenannte Fazies derselben auch den Charakter der Wasseransammlung zu ermitteln, worin jene Geschöpfe bei Lebzeiten sich aufhielten. Man stellt fest, ob dieses Wasser süß, salzig oder brackisch, d. h. eine Mischung aus beiden war, ob die betreffende Tierwelt in großen Meerestiefen lebte (pelagische Fauna), ob sie dem seichten Strandwasser angehörte (limnische Fauna), ob sie in Sümpfen oder Binnenseen hauste (paludische oder lakustre Fauna). Die Organismen im Kambrium und im Silur z. B. sind wesentlich Tiefseetiere gewesen. Ganz besonders wichtig wurden diese Unterscheidungen, als es sich

darum handelte, das Alter unserer Alpen festzulegen. Lange wollte diese schwierige Aufgabe nicht gelingen, bis zuletzt die hervorragenden Alpengeologen endgiltig erkannten, daß diese Gebirgskette in die Trias gehört und in der Hauptsache mit einem großen Teile unserer deutschen Mittelgebirge gleichzeitig entstanden ist. Nur breitete sich da, wo jetzt die Alpengipfel ragen, damals ein tiefes Meer aus, die dort aufgefundenen Petrefakte sind pelagischen Ursprunges, während die deutsche Trias, nach den in ihr vorkommenden ehemaligen Lebewesen zu schließen, sich aus einem weit weniger tiefen Meere herausbildete.

Welche Bedeutung diese Altersbestimmungen für jenen Zweig der Wissenschaft ist, den man Paläogeographie nennen könnte, und der von der Verteilung von Wasser und Land auf der Erdoberfläche früherer Perioden handelt, ergiebt sich nun ganz von selbst. Jede geologische Karte, welche uns die Verbreitung der Sedimentärbildungen über die ganze Erde oder über einen Teil derselben für eine gewisse vorzeitliche Epoche zur Anschauung bringt, zeigt uns zugleich, wie sich damals das feste und flüssige Element gegenseitig verteilten, indem eben diejenigen Gebiete, welche Sedimente des betreffenden Zeitabschnittes aufweisen, sich unter Wasser befunden haben müssen. So bemerken wir insbesondere, daß zwar die jetzigen Kontinente im großen und ganzen auch schon früher bestanden haben (Permanenz der Kontinente), daß jedoch die Landumrisse gar gewaltig von denen abweichen, welche eine Landkarte von heute ersehen läßt. Erst während des Diluviums stellt sich allmählich eine größere Uebereinstimmung her. Noch zu Beginn der Miozänperiode drang z. B. ein langer, wennschon nicht tiefer Meerbusen von der Nordsee her in das Herz der Rheingegend vor, das spätere Mainzer

Tertiärbecken erfüllend, und die schwäbisch-bayerische Hochebene ist erst zu Beginn der Pliozänperiode völlig trocken gelegt worden.

Nachdem die Gewässer verlaufen waren, standen die großen Erdgebirge als massige, wenig oder gar nicht ausmodellierte Klötze da, in deren Außenseite die zerstörenden Kräfte der Luft und des fließenden Wassers, wenn sie auch sofort ihre Thätigkeit begannen, doch nicht so rasch eine Bresche hätten legen können. Bald jedoch wurde diese Einförmigkeit gehoben durch Störungen im Gefüge der Erdrinde, Störungen, welche man als tektonische bezeichnet, weil man sie mit den Zusammenbrüchen im Gezimmer eines Daches (tectum) verglich. Allerdings herrscht bezüglich der Ursache dieser Störungen keine Einigkeit unter den Gelehrten, und es sind in neuerer Zeit gar manche Theorien aufgestellt worden, durch welche einzelne im Gebirgsbau beobachtete Erscheinungen eine einfache und einleuchtende Erklärung fanden. Die Gesamtsumme aller einschlägigen Vorkommnisse scheint jedoch noch immer die Kontraktions- oder Schrumpfungstheorie am besten darzustellen. Dieselbe geht davon aus, daß mit der Zeit Erdvolumen und Erdoberfläche immer kleiner und kleiner werden. Da nämlich unser Planet ununterbrochen Wärme gegen den Sternenraum ausstrahlt, dessen Temperatur jedenfalls sehr niedrig ist, vielleicht sogar dem absoluten Nullpunkte der Temperatur nahe kommt, so muß eine Abkühlung eintreten, welche durch die nur in die oberflächlichen Erdschichten eindringende Sonnenwärme (S. 13) nicht aufgewogen werden kann. Nach bekanntem physikalischen Gesetze zieht sich aber jeder Körper unter dem Einflusse einer Temperaturminderung zusammen, wie er sich andererseits unter dem Einflusse einer Temperaturvermehrung ausdehnt.

Der Erdhalbmesser wird demgemäß langsam und stetig — dazwischen vielleicht auch ruckweise — kleiner, und ein gleiches gilt notwendig auch für die Erdoberfläche. Auf dieser können dann aber die darauf ausgebreiteten Massen nicht mehr so, wie früher, Platz finden, und da bei der Verkleinerung ihrer Basis der räumliche Inhalt derselbe bleibt, so muß eine andere Massenverteilung platzgreifen, d. h. es müssen mannigfaltige Unterbrechungen des normalen Schichtzusammenhanges in die Erscheinung treten.

Nur die einfachsten in der Natur vorkommenden Fälle dieser Unregelmäßigkeiten können hier ihre Erklärung finden.

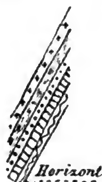




Fig. 5.



Fig. 6.

Die Kräfte, in welche im Augenblicke der Kontraktion die vorher in der Erdrinde vorhanden gewesenen Spannungen sich auflösen, lassen sich in eine horizontale und in eine vertikale Seitenkraft zusammenfassen, und diese beiden wollen wir nun näher betrachten. Durch erstere werden die Schichten oft nur einen beliebig großen, selbst 90° übersteigenden Winkel gedreht (Fig. 5) oder sie werden dadurch, daß der Druck in der Tiefe allseitig ein stärkerer ist, als weiter oben, in die sogenannte Fächerstruktur (Fig. 6) gepreßt, welches z. B. für das Gotthard-Massiv bezeichnend ist. Trifft dagegen der Horizontalschub Stellen von verschiedener Widerstandsfähigkeit, so legt er einen Teil der Erdrinde in Falten, und es entsteht die Faltenstruktur

(Fig. 7). Diese Falten können regelmäßig sein, so daß alle Sättel und alle Mulden immer gleichweit von einander abstehen, so wie sich das beim Schweizer Jura und teilweise bei den nordamerikanischen Alleghanies zeigt, doch können sich auch eigentümliche Abarten, Vor- und Ueberfaltungen, Flexuren, liegende Falten u. dgl. ergeben, und unter Umständen kann die Horizontalkraft eine an gewissen Stellen schon sehr dünn gewordene Falte vollkommen abschnüren, so daß dann mitten in ganz anders geartetem

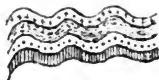


Fig. 7.

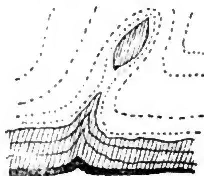


Fig. 8.

Felse ein zunächst schwer erklärbarer Einschluß — ein Nest — fremden Gesteines gefunden wird (Fig. 8).

Anders gestalten sich natürlich die Wirkungen der vertikalen Seitenkraft. Sie bringt Risse und Sprünge hervor, längs deren sich die nunmehr gebildeten Schollen der Erdrinde verschieben können. Sehr häufig führen diese Verschiebungen dazu, daß die einzelnen Schichtteile dann nicht mehr genau aufeinander passen. Man spricht in solchem Falle von einer Verwerfung (Fig. 9). Ein

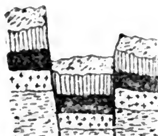


Fig. 9.

inmitten abgesunkener Schollen stehen gebliebenes Stück der Erdrinde wird Horst genannt (Schwarzwald, Vogesen, Harz), während ein Graben (Jordanthal, Rheinebene) entsteht,

wenn eine Scholle zwischen entgegenstehenden Wänden abgesunken ist.

Nahe liegt die Frage, ob denn das feste Gesteinsmaterial solch gewaltsame Umgestaltungen, wie sie beispielsweise durch die Fältelung bedingt sind, ertragen konnte, ohne in Splitter zu gehen. Die Antwort hierauf kann eine doppelte sein. Man kann nämlich annehmen, daß zwar Brüche und Splitterungen aller Art erfolgten, daß aber die nahezu pulverisierte Masse durch den ungeheuren Druck wieder verfestigt wurde, und es kann dies durchaus nicht als eine Unmöglichkeit bezeichnet werden. Dem gegenüber spricht sich A. Heim, dessen Studien über den Mechanismus der Gebirgsbildung sehr nachhaltig gewirkt haben, dahin aus, daß allerdings eine bruchlose Umformung stattgehabt habe. Damals, als die in Rede stehenden tektonischen Metamorphosen im Gange waren, besaßen die noch wenig zerstörten und abgetragenen Erdgebirge eine viel bedeutendere Höhe als heute, und infolge dessen lastete auf den tieferen Schichten ein ungeheurer Druck, unter dessen Einwirkung die Gesteinsmassen in den uns (S. 17) bekannten latentplastischen Zustand übergegangen waren. In diesem Zustande kannten sie, das ist nicht zu bestreiten, Kraftäußerungen jeder Art ertragen, ohne des bisherigen Zusammenhanges verlustig zu gehen.

Die Zusammenziehung des Erdkörpers hat in der geologischen Gegenwart ein langsames Tempo angenommen, aber keineswegs ganz aufgehört. Wir werden uns hievon bald bei der Behandlung der Erdbeben zu überzeugen haben; vielleicht aber läßt sich auf die gleiche Ursache, d. h. auf kleinere tektonische Verschiebungen der schon zum öfteren bei genauen Landesvermessungen (Präzisionsnivellements) wahrgenommene Umstand zurückzuführen, daß Veränderungen im

Höhenunterschiede zweier Erdorte auftreten. Endlich sind hier auch die langsamen, nur nach langen Zeiträumen erkennbaren Säkularverschiebungen der Wasserlinie an Meeresküsten in Betracht zu ziehen. Schwedische Gelehrte des vorigen Jahrhunderts ließen in den Uferfels da, wo das Wasser gerade das Land berührte, Marken einhauen und stellten fest, daß diese nach Jahren um ein geringes nach oben gerückt waren: die frühere Grenzlinie zwischen Meer und Wasser befand sich jetzt ganz auf dem trockenen, und es war deshalb entweder das Land aufgestiegen oder es hatte sich der Wasserspiegel gesenkt. Seitdem sind Beobachtungen ähnlicher Art an unzähligen Küsten angestellt worden, und es fand sich, daß dort die Wasserlinie stieg, hier dagegen sich senkte; mitunter ändert sich auch nach einer gewissen Zeit der Sinn dieser Verschiebung, und dann hat man es mit einer oszillierenden Verrückung der Niveaulinie (Atlantische Küste der Vereinigten Staaten) zu thun. Volle Klarheit darüber, ob das Meer oder ob das Festland der eigentlich bewegte Teil ist oder ob vielleicht beide gleichmäßig an der Bewegung teilnehmen, konnte noch nicht erbracht werden; gewiß hebt und senkt sich in vielen Fällen der Meeresspiegel, aber allem Anscheine nach ist auch die Erdfeste nicht immer stabil. Eine neutrale Bezeichnung erhält man, indem alle Bewegungen auf das Erdzentrum als unverrückbaren Anfangspunkt bezogen werden. Man nennt demnach die Verschiebung der Uferlinie positiv, wenn sie sich von jenem Punkte entfernt, negativ, wenn sie sich demselben nähert. Landsenkung und Meereshebung würden mit dem positiven, Landhebung und Meeressenkung mit dem negativen Vorzeichen in Ansatz zu bringen sein. Uebrigens läßt sich derselbe Zweck auch durch die noch einfacheren Ausdrücke Landverlust und Landgewinn erreichen.

Wie schon angedeutet, findet mehr und mehr die Ansicht Anklang, daß wesentlich Meeresumsetzungen die Ursache der im einen oder anderen Sinne sich vollziehenden Niveauverlegungen abgeben. Kurz ausgedrückt heißt dies: Der Erdball sinkt an der einen Stelle ein, erhöht sich an einer anderen, und das Meer folgt nach. Von den Zusammenbrüchen ist oben (S. 28) die Rede gewesen, aber gleichzeitig bilden sich auch durch die Anhäufung von Trümmern, welche das Wasser von ihrer ursprünglichen Lagerstätte weggeführt hat, neue Ablagerungen, die ihrerseits dem Meere Platz wegnehmen. So muß sich ein Wechsel in der Verschiebung der Niveaulinie ergeben, wie ihn uns ja die Beobachtungen auch thatsächlich kennen lehren. Episodisch-negative Bewegungen treten da ein, wo sich ein Meeresbecken durch Einbruch neu bildet oder vertieft; episodisch-positive Bewegungen dagegen gehen Hand in Hand mit der Sedimentbildung (E. Sueß).

V. Vulkane und Erdbeben.

Jedweden Vorgang, der eine Reaktion der Erdrinde gegen die Außenseite der Erde anzeigt, in dessen Gefolge feurig-flüssige Massen an die Oberfläche befördert werden, nennen wir eine vulkanische Erscheinung, und die Gesamtheit aller dieser Erscheinungen fassen wir zusammen in der Lehre vom Vulkanismus. Indem sich die durch unterirdisch wirkende Kräfte in die Höhe getriebenen Massen, nach und nach erkaltend, anhäufen und verfestigen, entstehen Erhebungen, Hügel, Berge, die sogenannten Vulkane, welche sich schon äußerlich von den aus Schichtgestein erbauten Erhöhungen des Bodens unterscheiden. Allerdings sind auch unter den Vulkanen zwei grundverschiedene Typen nicht zu verkennen; es gibt homogene oder Domvulkane, auch

Quellkuppen genannt, auf der einen und geschichtete oder Stratovulkane auf der anderen Seite. Bei der Entstehung der ersteren, die wesentlich prähistorisch sind oder noch viel weiter zurückliegenden Perioden der Erdgeschichte entstammen, kam es allem Vermuten nach zum Bersten der vorher durch die emporquellenden Massen aufgeblähten Erdrinde, und durch die Oeffnung drang das Magma in ruhigem majestätischem Flusse hervor, sich entweder mantel- und deckenförmig oder aber glockenförmig auf dem Flachlande ausbreitend. Meist bestehen solche Kuppenvulkane durch und durch aus dem nämlichen Gesteine, wodurch der Name homogen seine Rechtfertigung findet, und zwar gibt die Gesteinsbeschaffenheit auch ein Mittel an die Hand, das Alter des Vulkanes, die ungefähre geologische Periode zu bestimmen, während welcher die Erhebung stattfand. Die Gesteinsmasse hat zwar durchweg den nämlichen, von den sedimentären Bildungen sich scharf abhebenden Charakter, aber gleichwohl lassen sich die magmatischen Gesteine nach petrographischen Kennzeichen in drei Altersgruppen sondern, wie uns das folgende Schema zeigt:

a) Archäische und paläozoische Ergußgesteine.

Granit. Syenit. Diorit. Diabas.

b) Mesozoische Ergußgesteine.

Quarzporphyr. Eigentl. Porphyr. Porphyrit. Melaphyr.

c) Känozoische Ergußgesteine.

Rhyolith. Trachyt. Andesit. Basalt.

Die Uebersicht ist so eingerichtet, daß Gesteine verschiedenen Alters, welche in der nämlichen Kolumne stehen, ein übereinstimmendes mineralogisches Gefüge aufweisen; dem uralten Diabas entspricht der mittelalterliche Melaphyr wie

auch der tertiäre Basalt. Um einige geographische Beispiele anzuführen, sei erwähnt, daß das Mendelgebirge in Südtyrol aus *Porphyr*, die Quellkuppen im Hegau am Bodensee (Hohentwiel) aus dem nahe mit dem Trachyt ververwandten *Phonolith* oder Klingstein, die Domvulkane im griechischen Argolis aus *Trachyt*, der hessische Vogelsberg und die meisten nordböhmischen Vulkanhügel aus *Basalt*, viele mexikanische und südamerikanische Vulkane aus *Andesit* bestehen. Die Gleichartigkeit des Stoffes verhindert nicht, daß im Inneren der Domvulkane, wie aus Fig. 10 und 11 zu ersehen, häufig eine *schalenförmige Absonderung* bemerkt wird, bedingt durch ungleichförmige Abkühlung und Zusammenziehung der Masse. Mitunter blieb



Fig. 10.



Fig. 11.

das Magma, wenn der Auftrieb nachließ, in den unterirdischen Hohlräumen stecken, und dann bildete sich durch die Erstarrung ein sogenannter *Batholith*, der, wenn darüber und daneben die Schichten durch die Erosion weggebeizt wurden, wie ein eigentlicher Domvulkan dastehen kann. Auch kommt es, wie z. B. *Gilbert* in den Kreidegebirgen des westlichen Nordamerika entdeckte, mitunter vor, daß ein Domvulkan mit darüber liegender, seine Oberfläche vollständig wiedergebender Sedimentdecke entsteht. Ein solcher *Lakkolith* deutet eben darauf hin, daß das Magma seine Decke zwar nicht zu zersprengen vermochte, wohl aber deren plastische Schichten in die Höhe trieb und verbog.

Anders verhält es sich mit den in der Gegenwart so gut wie allein noch vorkommenden Stratovulkanen, den feuerspeienden Bergen, deren Thätigkeit die Erdrinde bis auf ziemlich große Entfernungen in konvulsivisches Zucken zu versetzen pflegt. Ein zu tieferen Schichten hinabreichendes Zuleitungsrohr vermittelt den Austritt, die Ejektion des Magmas, welches, sobald es an die Außenseite hervorgetreten ist, mit dem bekannten Worte Lava bezeichnet wird. Die geschmolzenen Massen legen sich in Form eines Kegelmantels um die etwas erhöhte Oeffnung herum, und jede neue Eruption vergrößert den Mantel, indem teilweise die herausbeförderte Lava an den Flanken des sich allmählich selbst aufbauenden Kegelberges abfließt, teils auch die mit ausgeworfenen Aschen- und Sandmassen, welche in die Luft geschleudert worden waren, nach dem Herabfallen sich gleich-

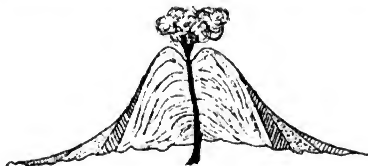


Fig. 12.

falls dort ansammeln. So entsteht nach und nach ein aus konischen Schichten sich zusammensetzender Berg von oft bedeutender Höhe; mehrere der großen Cordilleren-Vulkane steigen über 6000 m, der Kilimandjaro, dessen vergletscherten Krater H. Meyer wirklich erreicht hat, steigt wenigstens bis zu der genannten Höhe an. Wir verweisen auf Fig. 12, aus welcher zugleich hervorgeht, daß die Profilkurve eines Stratovulkanes eine nach unten konvexe, bei der Annäherung an die Grundfläche stets sanfter geböschte Kurve sein

muß. Auch sieht man, daß der Zufuhrkanal nicht ganz oben an der Spitze des Berges, sondern in einer Einsenkung, dem Krater, mündet. Nur ausnahmsweise kommt einem Vulkane nur ein einziger Krater zu; zumeist hat es der starke Seitendruck des aufwärts strebenden Magmas bewirkt, daß an der Seitenwand des Kegels neue Ergußöffnungen, die parasitären Krater, auftreten. Durch seinen staunenswerten Reichtum an solchen Nebenkratern ist z. B. der sizilische Aetna ausgezeichnet. Die Außenfläche der aus lockerem Materiale bestehenden Vulkankegel ist vielfach durch Regenrinnen, spanisch Barrancas, ausgefurcht, die nicht immer Oberflächenbildungen bleiben, sondern sich hie und da, wie etwa bei den großen mexikanischen Vulkanen, zu wirklichen Thälern austiefen. Was nun den Vorgang der Eruption selbst anlangt, so ist derselbe bei manchen Vulkanen ein stetiger, so beim Stromboli-Vulkan (Liparische Inseln), dessen Feuersäule den Schiffern auf dem Tyrrhenischen Meere zur Nachtzeit die Richtung angibt, und beim Isalco, den die Republik St. Salvador früher auf ihren Briefmarken als Wahrzeichen abbilden ließ. In diesem Falle vollzieht sich der Ausfluß aus dem Krater gewöhnlich mit Ruhe und ohne namhafte Erschütterungen des umliegenden Geländes. Weit verbreiteter aber sind jene Vulkane, welche für gewöhnlich ein Bild tiefster Ruhe darbieten oder höchstens durch eine ihren Gipfel überlagernde Rauchsäule die wahre Natur verraten; dann trennen lange Pausen die einzelnen Ausbrüche, und in der Zwischenzeit geht ganzen Generationen die Erinnerung an die Gefahr verloren, in welcher sie unausgesetzt schweben. Wenn sich nun eine neue Katastrophe vorbereitet, so erzittert der Boden; Rauchwolken entströmen der Krateröffnung, welche bei Nacht durch den Widerschein des in der unterir-

dischen Esse lohenden Feuers beleuchtet werden; das Magma beginnt durch kleinere Sprünge im Kegel durchzusickern, und endlich strömt dasselbe als feuriger Fluß, alles auf seinem Wege zerstörend, an den Kraterwänden herab. Eine ungeheure Rauchsäule, ihrer baumartigen Form halber gewöhnlich Pinie genannt, entsendet Blitze und Regengüsse (Vulkangewitter), während gleichzeitig gewaltige Aschenmassen die ganze Gegend einhüllen. Dieselben werden in der Luft weit fortgeführt und bleiben, da das Gewicht des einzelnen Teilchens ein ganz schwaches ist und aufsteigende Luftströmungen nicht überwinden kann, lange in derselben schweben. Ein merkwürdiges Ereignis hatte man im August 1883 und in den darauffolgenden Monaten zu beobachten; damals erwachte der Vulkan auf dem in der Sunda-Straße gelegenen Krakatau-Inselchen, der seit Jahrhunderten geschlafen hatte, aufs neue zu furchtbarem Leben, und es wurde eine Festkörpermasse von 18 ckm in die Luft gesprengt und in feinst zerstäubtem Zustande der Atmosphäre einverleibt; da dann das Sonnen- und Mondlicht erst nach Ueberwindung und Umgehung vielfacher, zur Entstehung von Interferenzfarben Veranlassung gebender Hindernisse in unser Auge gelangen konnte, so gewahrte man in der fraglichen Zeit die merkwürdigsten Himmelsfärbungen, deren letzte Spur erst im Jahre 1886 vollständig verschwand. Im Jahre 79 n. Chr deckte ein vom Vesuv ausgegangener Aschenregen die römische Provinzialstadt Pompeji so zu, daß erst in unseren Tagen eine Wieder-Ausgrabung derselben stattfinden konnte; die lockeren Stoffe ließen sich verhältnismäßig leicht beseitigen, während es ungleich schwerer fällt, das gleichzeitig zu Grunde gegangene Schwesterstädtchen Herculanum aus dem erkalteten Lavastrome, der dasselbe eingehüllt hatte, gleichsam wieder herauszuschälen.

Was die Auswurfsstoffe als solche anlangt, so ist die Lava eine mehr oder minder gesättigte, mehr oder minder mit Wasser durchtränkte Lösung der verschiedensten kieselsäurehaltigen Mineralien (Silikate); sie befindet sich stets — wie etwa im kleinen unsere Mineralwässer — in einem Zustande bedingter Explosionsfähigkeit. Wenn sie erkaltet ist, so weist sie im Inneren Schlieren, linsenförmige Gebilde, auf, an deren Achsenrichtung man die Fortbewegung des Stromes erkennen kann; ihre molekulare Beschaffenheit kann eine poröse, dichte nnd glasige sein, doch ist diese letztere (hyaline Struktur) seltener, weil die Lava niemals so wasserfrei ist, wie es z. B. künstliche Glasflüsse sind. Der Grad der wässerigen Durchtränkung bestimmt auch die sehr mannigfaltigen Gestalten, unter welchen die fließende Lava erstarrt; man unterscheidet Block-, Gekröse- und Fladenlava. Vulkanische Gesteine können übrigens ganz die gleiche Zusammensetzung und doch ein sehr verschiedenes äußeres Aussehen haben (glasiger Obsidian und blasiger Bimsstein). Kleinere Magmamengen werden durch die Gewalt der Eruption abgetrennt, fliegen in die Luft und nehmen, auf diesem Wege bis zum Festwerden sich abkühlend, ganz abenteuerliche Formen an (Lapilli, Rapilli, vulkanische Bomben). Die vulkanischen Sande und Aschen sind sowohl Zerreibungs- als auch Zerstäubungsprodukte; unter Wasser sich ablagernd, bekommen diese lockeren Massen eine gewisse Schichtung und werden so zu Tuffen. Die innere Beschaffenheit der Vulkantuffe, die — als die einzigen vulkanischen Bildungen — gelegentlich wohl auch Versteinerungen führen können, wechselt mit der Oertlichkeit, und so werden denselben auch an verschiedenen Orten ganz verschiedene Namen beigelegt. So ist in Mittel- und Unteritalien

der Peperin, am Niederrhein der von den ausgebrannten Vulkanen der Vordereifel gelieferte Traß bekannt, ein als Baumaterial geschätzter weißgrauer Stein, der als Verfestigungsprodukt der den tertiären Feuerbergen entflossenen Schlammströme anzusehen ist.

Wenn ein Vulkan längere Zeit hindurch nicht mehr eruptiv thätig gewesen ist, so bleiben doch als Anzeichen früherer vulkanischer Thätigkeit noch gewisse schwächere Emanationen übrig (uneigentliche Vulkane). Hierher gehören die Fumarolen, aus welchen Wasserdämpfe hervorquellen (Insel Pantellaria, wo man durch Verdichtung dieser Dämpfe der Wasserarmut begegnet), die Solfataren, welche Schwefelwasserstoffgas und schwefelige Säure hervorstoßen (Umgegend von Neapel), die Mofetten, welche Kohlensäure aushauchen und kleineren Tieren gefährlich werden können (Grotten von Neapel und Pyrmont). Bezüglich der Schlammvulkane oder Schlammsprudel sind die Ansichten geteilt, und es kann wohl als das wahrscheinlichste gelten, daß manche von ihnen wirkliche Ueberreste eines dereinstigen aktiven Vulkanismus sind (die Makkalubas auf Sizilien), während bei anderen (Halbinsel von Taman im Asowschen Meere) nur an ganz oberflächliche Selbstentmischungsprozesse zu denken ist. Noch weniger ächt vulkanisches liegt den sogenannten Erdbränden zu grunde, deren einer in der Nähe von Zwickau Jahrhunderte lang angedauert zu haben scheint, denn hier hat man es lediglich mit entzündeten Kohlenflötzen zu thun, welche durch einen Blitzschlag oder sonst eine zufällige äußere Ursache in Brand gerieten. Wohl aber besteht eine innere Beziehung zwischen dem Vulkanismus und den intermittierenden Heißwasserbrunnen oder Geysirs (s. u. in IX).

Aktive und inaktive — d. h. in geschichtlicher Zeit

nicht mehr als eruptiv bekannte — Vulkane sind über die ganze Erde verstreut. Als der vulkanärmste Erdteil gilt Afrika, doch besitzt derselbe nicht nur auf einzelnen Inseln (Tenerife, Fernando Po, Maskarenen) ächte Vulkane, sondern es ist auch am Roten Meere ein Vulkanterritorium nachgewiesen worden, und zudem besitzt Afrika im Kilimandjaro, Kenia, Ruwenzori und Kamerunpik vier der großartigsten Vulkanruinen. Ganz neuerdings hat Graf Götzen auch einen thätigen Vulkan im südwestlichsten Teile des deutsch-ostafrikanischen Schutzgebietes aufgefunden. Europas Länder enthalten zumeist nur ausgebrannte Vulkane; die bedeutendsten Vulkanbezirke sind die Auvergne, das römische Albanergebirge, die Euganeen bei Padua (Domvulkane); in Deutschland hat man die schwäbische Alb (durch Branco als höchst bemerkenswert erkannt), die Eifel und in Oesterreich das nordwestliche Böhmen (Podhorn, Kammerbühl). Hochvulkanisch ist die europäische Insel Island (Hekla), auf der fast alljährlich Gelegenheit zum Studium großartiger Eruptionen geboten wird. Europa kennt im übrigen nur vier thätige Feuerberge: den Stromboli-Vulkan (S. 35), den Vesuv, den Aetna und den in fortwährender Um- und Neubildung begriffenen Inselvulkan von Santorin im Ägäischen Meere. Ueberaus reich an Vulkanen ist Asien; Vorderasien allerdings besitzt ebensowenig mehr thätige Berge dieser Art, wie Syrien, Mesopotamien, Persien, Turkestan, Hindostan und China, aber auf einstmalige energische Aktion weisen Bergriesen wie Ararat und Elbrus hin. Das asiatische Rußland ist nur im Osten, in Kamtschatka und auf den Aleuten, vulkanisch, hier aber in umso höherem Maße. Den eigentlichen Brennpunkt auf asiatischem Boden jedoch hat sich die unterirdische Erdkraft in der hinterindischen Inselwelt ge-

schaffen; da sehen wir lange Vulkanreihen auf den großen Inseln Sumátra und Java, da erhebt sich der uns bereits bekannte Krakatau-Vulkan, da liegt zwischen Celébes und den ebenfalls durch und durch vulkanischen Philippinen die kleine Gruppe der Sangir-Inseln, auf denen sich 1892 ein Ausbruch ereignete, der an Furchtbarkeit seiner Wirkungen nur wenig hinter demjenigen von Krakatau zurückblieb. Das klassische Land des Vulkanismus ist übrigens Japan, zumal die Hauptinsel Hondo, deren mächtiger Fuji-no-yama (auch Fuji-San) den Japanern als Typus und Symbol ihres Vaterlandes erscheint. Australien entbehrt der Vulkane, aber dafür ist um so reichlicher mit diesen versehen die ozeanische Inselwelt, und zumal auf den Sandwich-Inseln entfaltet sich das vulkanische Phänomen mit vollster Großartigkeit. Nordamerika besitzt lediglich erloschene Vulkane, während Mexiko, Zentral- und Südamerika (S. 33) thätige und ruhende Feuerberge in umso größerer Vielzahl aufweisen (Chimborazo nahe 6300 m, Cotopaxi 5940 m.). Ausnahmslos, d. h. abgesehen von Westindien, sind dieselben den Plateaux der Anden aufgesetzt, und es ist nach den Beobachtungen Güßfeldts sogar wahrscheinlich, daß der höchste amerikanische Berg, der Aconcagua (6970 m) teilweise aus vulkanischem Gesteine besteht. Auch die amerikanischen Inselgruppen können großenteils einen derartigen Charakter nicht verleugnen. Die Nordpolarkalotte ist, soweit bis jetzt unsere Kenntnis reicht, unvulkanisch, wohl aber sind im Südpolargebiete zwei Berge in eruptiver Thätigkeit gesehen worden, welchen man die Namen Erebus und Terror gegeben hat.

Wenn man die von der hier kurz skizzierten Vulkangeographie gelieferten Thatsachen in eine Karte einträgt, so

ergeben sich manche beachtenswerte Anhaltspunkte für die Verteilung dieser Berge. So bestätigt sich, daß die vulkanischen Inseln gerne in der Form von Guirlanden auftreten, welche dem benachbarten Kontinente ihre konkave Seite zuwenden. Am augenfälligsten spricht sich dies aus in den ostasiatischen Inselgruppen (Aleuten, Kurilen, Japanische Inseln), aber auch die Antillen gewähren ganz denselben Anblick. Des ferneren unterliegt es keinem Zweifel, daß sehr häufig Vulkane am Ufer der Meere oder, allgemeiner gesprochen, nahe dem Rande größerer Wasseransammlungen zu finden sind.

Neben den festländischen Ausbrüchen, welche aus naheliegenden Gründen fast allein beachtet zu werden pflegen, kommen auch submarine Eruptionen vor, und zwar müssen dieselben ziemlich häufig sein, weil sonst die an vielen Orten den Meeresgrund bedeckende Bimssteinschicht nicht zu erklären wäre. Aber man bemerkt auf hoher See zuweilen ein Aufbrausen des Meeres; Wasserblasen platzen zischend, und einzelne Springstrahlen fahren in die Höhe, aber nur ausnahmsweise treten gegenwärtig noch die Auswurfsmassen über dem Meeresspiegel zu Tage, eine vulkanische Inselbildung einleitend. Die Insel Ferdinandea z. B., welche als vulkanisches Aufschüttungsprodukt dieser Art 1831 in dem zwischen Afrika und Sizilien gelegenen Meere entstand, war nur eine sehr kurzlebige Schöpfung und entzog sich schon nach wenigen Wochen durch Versinken im Meere wieder den Blicken. In früheren geologischen Zeitaltern war der Vorgang unterseeischer Vulkanaufschüttung kein seltener; das beweisen zahlreiche polynesische Eilande, das beweist nach der Ansicht Vieler auch die zum Staate Ecuador gehörige Galápagos-Gruppe (s. u. in Kap. XI).

Eine anerkannte, einwurfsfreie Theorie des Vulkanis-

mus giebt es nicht und kann es bei dem derzeitigen Stande unseres aus der Erfahrung geschöpften Wissens noch nicht geben. Man ging früher zumeist von der Meeresnähe der Vulkane aus und dachte sich, daß das Wasser durch die Ritzen und Spalten der Erdrinde einträufle, in größerer Tiefe mit dem Magma in Berührung komme und sich nun in hochgespannte Dämpfe verwandle; diese erschüttern zunächst die auf ihnen lastende Decke, bahnen sich aber endlich durch einen schon vorhandenen oder erst hergestellten Schlot den Weg nach oben und ermöglichen dadurch auch der geschmolzenen Gesteinsmasse den Austritt. Daß aber in Wirklichkeit die Spaltenbildung bis in jene Regionen sich erstrecken sollte, in denen, wenn die oben (S. 17) dargelegte Zusammmensetzung des Erdinneren besteht, das Magma seinen Sitz haben würde, ist, wie Löwl hervorgehoben hat, ganz unmöglich, weil jene Spalten die Zone der latenten Plastizität durchdringen müßten, ein Gebiet also, dessen Massen sich ihrer Eigenart nach gegen jeden Eingriff von außen sofort wieder zu einem geschlossenen Ganzen zusammenfügen müßten. Es liegt gewiß näher, anzunehmen, daß sich weiter oben in der Erdkruste, in nicht sehr großer Entfernung von der Erdoberfläche, vereinzelte Magmanester vorfinden, deren jedes entweder bloß mit einem einzelnen Feuerberge oder als gemeinsame Esse durch eine Vulkanspalte mit einer ganzen Anzahl solcher reihenförmig angeordneter Berge in Verbindung steht. Das Erlöschen eines Vulkanes kann dann ein dauerndes oder ein nur zeitweiliges sein; im ersteren Falle hört die Thätigkeit eben dann auf, wenn der Vorrat des unterirdischen Hohlraumes vollständig aufgebraucht ist, während jener vorübergehend in Ruhestand tritt, sobald durch Verstopfung oder seitliche Pressung der Zuleitungskanal seine Durchgängigkeit verloren hat. Allerdings

kann der Eruptivthätigkeit eines Vulkanes auch auf andere Weise ein Ende bereitet werden; das bezeugen jene Berge, welche eine Kombination von Schichtvulkan und Quellkuppe darstellen. Beim Kammerbühl nächst Eger (S. 39) kann man deutlich sehen, wie der aus der Spalte nachdringende Basalt, aus dem jetzt ein Teil des Hügels besteht, diesen Gang ausfüllte und damit hier den aktiven Vulkanismus zur Ruhe brachte, und ganz übereinstimmend damit hat man auf Island den Schlot eines älteren Schichtvulkanes durch einen Rhyolithgang (S. 32) ausgefüllt gefunden.

Auch die Möglichkeit ist nicht abzuweisen, daß das Eruptionsmaterial erst unmittelbar vor dem Eruptionsakte gebildet würde. Durch die kräftigen Bewegungen, welche im Gezimmer der Erde gewiß noch jetzt vor sich gehen, und welche ein verkleinertes Bild derjenigen sind, die bei der Gebirgsbildung eine Rolle spielten (S. 26), wird gewiß, wenn dieselben zum plötzlichen Stillstande kommen, eine ungeheure Hitze erzeugt, stark genug, um auch sehr festes Gestein in den Zustand der Schmelzflüssigkeit oder auch in den Zustand der latenten Ueberhitzung überzuführen, welcher, sofern der starke Druck von oben mit einemmale weggenommen wird, ein explosives Auftreiben der nun flüssig werdenden Masse zur Notwendigkeit macht. Der Schacht, durch welchen die Lava in die Höhe dringt, wird vielleicht eben bei dieser Gelegenheit erst durch die inneren Verschiebungen aufgequetscht; es liegt nahe, für die des Kraters entbehrenden, für die homogenen Vulkane (S. 31) eine solche Entstehungsursache anzunehmen. Bruchlinien in der Erdrinde werden begreiflicherweise dem Aufquellen der geschmolzenen Masse Vorschub leisten, und da die Ufer der Meere zugleich Einbruchsränder sind, so gewinnt die oben hervorgehobene, damals (S. 41) rein aus der geographischen Betrachtung abgeleitete Thatsache

eine ganz neue Bedeutung: Die großen Dislokationslinien der Erdkruste begünstigen die Vulkanbildung. Ganz aber wird von der Mitwirkung des einträufelnden Wassers auch nicht abzusehen sein; nur kann dies auch Regenwasser sein und braucht gerade nicht aus dem Meere oder einem großen Binnensee zu stammen. Gerade die Art und Weise, wie bei den thätigen Vulkanen der Gegenwart der Ausbruch sich vollzieht, spricht für die Mitwirkung plötzlich gebildeter, im höchsten Maße expansiver Dämpfe. Das sogenannte Leidenfrostsche Phänomen kann wohl zum Vergleiche herangezogen werden. Wenn ein Flüssigkeitstropfen auf eine stark erhitzte Metallplatte fällt, so verdampft er nicht etwa unverzüglich, sondern behält seine Tropfenform noch einige Zeit bei, weil sich zwischen ihn und die Platte eine dünne Dampfschicht eingeschoben hat; erst wenn die Temperatur des Metalles etwas herabgesunken ist, erfolgt die jähe Verwandlung in den gasförmigen Aggregatzustand.

Daß sehr viele Erderschütterungen einen vulkanischen Charakter besitzen, ist klar; ist das betreffende Land ein altvulkanisches, so liegt die Vermutung stets nicht ferne, daß ein Vulkan der Ruhestörer sein möchte, allein freilich könnte man sich sehr täuschen, wenn man sich mit dieser einen Ursache zufrieden geben wollte. Die Humboldtsche Ansicht jedoch, daß der Vulkanschlot, durch den Lava austritt, gewissermaßen ein Sicherheitsventil gegen die Erdbeben darstelle, ist nur sehr bedingt richtig, denn es wurde häufig genug wahrgenommen, daß der Beginn des Ausflusses den Erdstößen kein Ende machte, daß sie vielmehr dann mit erneuter Kraft einsetzten. Wenn aber seismische Erscheinungen (*ὁ σεισμός, τὸ σεῖσμα,* die Erschütterung) in Gegenden sich einstellen, welche weitab von Vulkanen liegen und von diesen durch

Räume getrennt sind, durch welche sich ein Stoß nur schwer fortsetzen kann, so ist an jene Ursache nicht zu denken. Am verbreitetsten sind diejenigen Erdbeben, welche man als tektonische Beben oder als Dislokationsbeben bezeichnet, und welche darin ihren Grund haben, daß der Gleichgewichtszustand der Erdrinde eine plötzliche Aenderung erfuhr, daß sich etwa irgendwo unterirdisch eine Verwerfung erzeugte. Zu dieser Klasse von Erdbeben, welche sich stets über eine weite Fläche hin bemerklich machen, gehörte das große japanische Erdbeben vom Oktober 1891, gehörte sonder Zweifel auch die Katastrophe der Osterwoche von 1895, welche die gesamten Ostalpen und den nördlichen Karst in Mitleidenschaft zog und am verheerendsten in Laibach wirkte. Nach einem großen Beben solcher Art kommt der Erdboden oft lange Zeit nicht mehr zur Ruhe, sondern bleibt in stetigem, von einzelnen heftigeren Stößen ununterbrochenen Schwingungszustande; man spricht dann von Erdbebenschwärmen (phokisches Erdbeben, das von 1870 an drei Jahre andauerte). Weit weniger bedenklich sind die sogenannten Einsturzbeben, deren Energie sich mit einem kräftigen Stoße oder mit einigen wenigen Stößen in der Regel erschöpft. Zu ihnen kommt es, wenn die Tagewasser innerhalb der höheren Erdschichten gewisse lösliche Stoffe entfernt haben, an deren Stelle dann also durch Auslaugung ein Hohlraum entstanden ist. Die Gesteinsdecke wird dann nicht mehr gehörig getragen und stürzt schließlich mit Geräusch und Erdbebenerscheinungen in sich zusammen. Doch ist der Erschütterungsbezirk zumeist kein großer, und es fehlen auch die Nachwirkungen, indem für längere Zeit keine Ursache weiterer Erschütterungen mehr vorhanden ist. Ob man den somit gekennzeichneten drei Klassen noch eine vierte, die der Uebertragungsbeben, anreihen soll,

steht dahin. Hörnes, der sich um die Erdbebenkunde neuerdings große Verdienste erworben hat, belegt mit diesem Namen solche Bodenschwankungen, welche durch Fortpflanzung auch solche entferntere Orte noch berühren, welche nicht mehr in der eigentlichen Wirkungszone der Erdbeben-Ursache gelegen sind.

Erdstöße erfolgen, was auch ihr letzter Grund sein möge, teils sukkussorisch, direkt von unten nach oben, teils undulatorisch, in der Weise, daß die davon betroffenen Objekte gedreht werden; bei Bewegungen dieser letzteren Art wird der innere Zusammenhalt der Gesteinslagen eines Gebäudes besonders gefährdet. Irgendwelche sichere Prognose für Erdbeben giebt es ebensowenig, wie zuverlässige Schutzmittel gegen ihre Wirkungen; auch kann keine Oertlichkeit auf der Erde als völlig gefeit oder immun gegen dergleichen Vorfälle angesehen werden. Daß die geognostische Beschaffenheit, auf welcher ein erschütterter Ort gelegen ist, sehr viel Einfluß darauf hat, ob die Verheerung eine schlimmere oder minder schlimme wird, hat sich nach dem von F. Sueß vorgenommenen Augenscheine jüngst recht deutlich bei dem Laibacher Unglücke gezeigt.

Um den Verlauf eines einzelnen Ereignisses genauer zu verfolgen, als es durch die ohnehin durch das Unerwartete meist in ihrer Urteilskraft beeinträchtigten Beobachter geschehen kann, hat man maschinelle Vorrichtungen erdacht, welche man Seismographen oder, wenn sie auch genauere Messung ermöglichen, Seismometer nennt. Für gewöhnliche Zwecke empfiehlt sich noch immer am meisten der auf dem berühmten Vesuv-Observatorium des neapolitanischen Geophysikers Palmieri eingeführte Schalenapparat, den Fig. 13, von oben gesehen, abbildet. Wenn das Instrument nach den Weltgegenden eingestellt ist, so daß also jede Schale einem

der acht Oktanten der Strichrose entspricht, so muß offenbar, wenn das Erdbeben vorüber ist und die leicht umzukippende Schale einen Teil ihres (Quecksilber-) Inhaltes verloren hat, diese der Himmelsgegend, von welcher der Stoß ausging, gerade gegenüber gelegen sein. Auch die Stärke zweier verschiedener Erdstöße wird ungefähr den Flüssigkeitsmengen proportional sein, welche jeweils in den am meisten beanspruchten Schalen vorgefunden werden.

Neuerdings sind Vorschriften gegeben worden, um auf mathematischem Wege den Erdort, Epizentrum genannt, zu bestimmen, welcher sich direkt über dem (unterirdischen) Sitze des Bebens befindet; daß dieser Sitz nicht punktförmig ist, sondern eine ziemliche Ausdehnung erlangen kann, versteht sich von selbst. Auch für die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der von der Schütterstelle ausgehenden Erdbebenwelle konnte ein mathematischer Ausdruck gefunden werden. Insbesondere sucht man auch den Schütterkreis abzugrenzen, jenes Gebiet, bis zu dessen äußersten Grenzen sich die Zuckungen des Bodens noch fühlbar gemacht haben. Das furchtbare Erdbeben, welches am 1. November 1755 Lissabon in Trümmer legte, scheint ein Gebiet von mindestens 80000 Quadratmeilen in Mitleidenschaft gezogen zu haben.

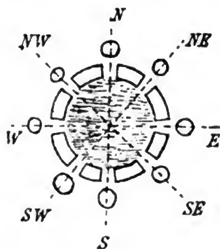


Fig. 13.

Ganz feine Instrumente lassen uns ersehen, daß der Erdboden sehr häufig kleine Schwingungen macht, welche sich der Sinneswahrnehmung durchaus entziehen. Solche mikroseismische Bewegungen kann man z. B. durch das Horizontalpendel nicht nur nachweisen, sondern auch ihrem zeitlichen Verlaufe und ihrem räumlichen Betrage nach regist-

rieren. Es hat den Anschein, daß die leisen Erzitterungen der Erdrinde mit den Luftdruckschwankungen in innigem Zusammenhange stehen.

Ist das Epizentrum, wie es in Küstenländern der Fall zu sein pflegt, nicht sehr fern vom Meeresstrande, so tritt im Gefolge des Erdbebens eine Begleiterscheinung, die Erdbebenflut, auf, welche zumeist noch mehr Schaden anrichtet, als die Katastrophe selber. Das Meer tritt weit von seinen Ufern zurück und stürmt alsdann in Gestalt einer hohen, flüssigen Mauer mit großer Schnelligkeit landeinwärts, alles zerstörend und beim Rückzuge durch seine Saugwirkung mit sich fortreißend. Bei dem uns schon bekannten Krakatau-Erdbeben soll diese Mauer eine Höhe von 30 m erreicht haben. Nicht zu verwechseln mit den Erdbebenfluten sind die Seebeben, hervorgerufen durch unterseeische Vulkanausbrüche oder durch Dislokationen unterhalb des Meeresgrundes. Sowohl Erd- wie auch Seebeben pflanzen sich im Weltmeere durch Uebertragungswellen (S. 45) fort, und man kann die Ausbreitung solcher Wellen, sowie die Gestaltveränderungen, welche jene beim Eintritte in eine inselreiche Meeresgegend erleiden, dadurch übersichtlich darstellen, daß man alle Orte, an denen die Woge zur nämlichen (absoluten) Zeit ankam, durch Kurven (Homoseisten) mit einander verbindet. Solche Aufzeichnungen von selbstregistrierenden Pegeln oder Mareographen haben z. B. zur Erkenntnis der Thatsache geführt, daß die Krakatau-Welle den ganzen Erdball, und zwar nicht nur ein einzigesmal, umwandert hat.

VI. Elektrisch-magnetische Erdkräfte.

Die Erde wirkt auf jeden metallischen Körper, der überhaupt magnetisch beeinflußt werden kann, wie ein großer

Magnet, doch äußert sich diese Kraft, welche wir Erdmagnetismus oder tellurischen Magnetismus nennen, nicht an allen Orten und zu allen Zeiten ganz in der gleichen Weise, sondern die sofort näher zu besprechenden Aeußerungsformen derselben sind nach Raum und Zeit verschieden. Man bestimmt, um den augenblicklichen magnetischen Zustand irgend eines Punktes der Erdoberfläche kennen zu lernen, die drei magnetischen Elemente dieses Punktes, die Deklination oder Mißweisung, die Inklination oder Neigung und die Intensität oder Stärke.

Eine magnetisierte Stahlnadel, welche sich um ihren Schwerpunkt in horizontaler Ebene frei drehen kann, zeigt für gewöhnlich nicht nach Norden, vielmehr bildet die Vertikalebene, in welcher ihre Längsachse liegt, der sogenannte magnetische Meridian, mit dem astronomischen Meridiane einen gewissen Winkel, und dieser Winkel ist eben die Deklination. Soll mithin ein Kompaß (auch Bussole genannt) für die Aufsuchung des wahren Nordpunktes Anwendung finden, so muß man den Betrag der (östlichen oder westlichen) Deklination in Rechnung ziehen. Wenn man ferner eine Nadel in die Ebene des magnetischen Meridianes so bringt, daß sie in dieser um eine horizontale Achse frei spielen kann, so bildet wiederum die Längsachse mit der Horizontalebene den als Inklination bekannten Winkel. Die Stärke kann man in eine horizontale und in eine vertikale Komponente zerlegen, und zwar sind dies die Katheten eines rechtwinkligen Dreiecks, dessen vertikaler Seite der Neigungswinkel gegenüberliegt. Am einfachsten wird die Intensität durch Schwingungsbeobachtungen gefunden, doch sind dies allerdings bloß relative Bestimmungen, d. h. man bezieht die an irgend einem Punkte herrschende Intensität auf diejenige eines an sich will-

kürlichen Fixpunktes, der die Intensität 1 besitzen soll. Bei vergleichenden Messungen dreht man an den beiden in betracht kommenden Orten die Horizontalnadel um gleich große Winkel aus ihrer Ruhelage heraus und zählt nun die Anzahl der Schwingungen in einer gewissen Zeit. Diese Anzahl nimmt mit der Stärke des Erdmagnetismus am fraglichen Punkte zu und ab.

Um die Verteilung der Elemente über die ganze Erde hin bequem verfolgen zu können, bedient man sich einer in der physischen Erdkunde allgemein üblichen kartographischen Darstellung. Man verbindet nämlich alle Erdorte durch Kurvenzüge mit einander, welchen die gleiche Deklination, die gleiche Inklination und die gleiche Totalintensität zukommt; diese Kurven nennt man bezüglich Isogonen (ἡ γωνία, der Winkel), Isoklinen (κλίνειν, sich neigen) und Isodynamen (ἡ δύναμις, die Kraft). Alle Isogonen durchschneiden sich, wenn man von gewissen Ovalsystemen (zumal in Ostasien) absieht, in den magnetischen Erdpolen, welche von den Endpunkten der Umdrehungsachse ziemlich weit abliegen und dadurch ausgezeichnet sind, daß sich in ihnen die Neigungsnadel vertikal einstellt. Den südlichen, der antarktischen Zone angehörigen magnetischen Erdpol kennt man seiner Lage nach nur obenhin auf grund einer von Gauß ausgeführten, später mit verbesserten Hilfsmitteln wiederholten Rechnung, aber der magnetische Nordpol ist auf der ins nördliche Eismeer vorspringenden nordamerikanischen Halbinsel Boothia Felix durch Roß wirklich aufgefunden worden. Wie zu den geometrischen Polen ein Aequator gehört, so entspricht auch den Magnetpolen ein magnetischer Aequator, für dessen sämtliche Punkte die Neigungsnadel eine horizontale Lage annimmt, doch ist dieser Aequator nicht etwa ein Hauptkreis der Kugel, sondern eine unregelmäßige Linie.

Jede Karte der magnetischen Kurven liefert natürlich nur ein Momentanbild von der Verteilung des Erdmagnetismus, denn, wie schon erwähnt, sind die Werte der drei Elemente auch von der Zeit abhängig. Man hat tägliche, jährliche und säkuläre Schwankungen zu unterscheiden, wobei im letzteren Falle allerdings nicht gerade Jahrhunderte im engeren Wortsinne, sondern nur lange Jahrperioden gemeint sind. Insbesondere hat man eine 11⅑jährige Periode für die Deklination ermittelt, die in höchst merkwürdiger Weise sich in einer ebensolchen Periode der Sonnenfleckenfrequenz geradezu abspiegelt, und die als auch die Inklination beherrschend erkannt wurde.

Getrübt können die erdmagnetischen Erscheinungen werden durch den Eigenmagnetismus gewisser Gebirgsarten, vorab der vulkanischen (S. 32), in deren Nähe die Nadel oft so stark abgelenkt wird, daß an eine genaue Messung gar nicht gedacht werden kann. Aber auch da, wo starke tektonische Veränderungen in der Erdrinde stattgefunden haben, scheinen Unregelmäßigkeiten aufzutreten, welche mit dem den Gesteinen anhaftenden Magnetismus nichts zu thun haben und wohl am passendsten auf einen örtlich wirkenden Gebirgsmagnetismus zurückzuführen sein dürften.

Abgesehen hievon wird der augenblickliche magnetische Gesamtzustand einer Erdstelle auch beeinflußt durch die in den obersten Schichten des Erdkörpers kursierenden Erdströme, welche man durch eingesenkte Platten nachzuweisen in der Lage ist. Dieselben werden stärker bei Aufleuchten eines Polarlichtes, und folgerichtig pflegt auch diese großartige, besonders den hohen Breiten eigene Erscheinung eine gewisse Unruhe der magnetischen Instrumente hervorzurufen, weshalb

A. v. Humboldt ersteres geradezu als magnetisches Ungewitter bezeichnete.

Diese eigentümlich-prachtvolle Lichterscheinung, welche auf unserer Halbkugel als Nordlicht, auf der entgegengesetzten als Südlicht auftritt, bethätigt sich in sehr verschiedener Weise nach der geographischen Lage des Beobachtungsortes; wir unterscheiden am besten zwei Hauptgattungen, nämlich das strahlenwerfende Polarlicht und das Draperie- oder Mantellicht. Ehedem suchte man das Phänomen rein optisch auf die Wirkung der Spiegelung und Brechung des Lichtes zurückzuführen, aber später hat man seine Natur als eine magnetisch-elektrische aufzufassen gelernt, und diese Auffassung fand eine glänzende Bestätigung darin, daß es glückte, durch ein auf den Gipfeln höherer nordischer Berge angebrachtes, auf dichtmaschigem Drahtnetze sich erhebendes System von Saugstangen — Blitzableitersystem — ein künstliches Polarlicht zu erzeugen, welches mit dem wirklichen in der That gewisse typische Spektrallinien gemein hat. Es ist vielleicht an eine Induktionswirkung der selbst im Zustande stärkster elektrischer Spannung befindlichen Sonnenoberfläche zu denken, durch welche die Erde in den magnetischen Zustand versetzt wird, und das Polarlicht im besonderen wäre eine langsame Ausgleichung zwischen den mit verschiedenen Vorzeichen bebehafteten Elektrizitäten der Erde und ihrer Atmosphäre, den Gewittern der mittleren und niedrigen Breiten vergleichbar.

VII. Die Lufthülle.

Die Erde ist umgeben von einer aus Gasen und Dämpfen zusammengesetzten elastisch-flüssigen Hülle, welche Atmosphäre (ἡ ἀτμή, der Dampf) genannt wird. Sie ist mit dem festen Körper unzertrennlich verbunden und nimmt an dessen Be-

wegungen anteil. Die Mächtigkeit oder Höhe der Atmosphäre kann nicht mit Sicherheit bestimmt werden. Nach den vertrauenswerten Messungen der schwedischen Meteorologen schweben die feinsten Wolken in einer mittleren Höhe von 9000 m über dem Erdboden, aber daß noch in einer ungleich größeren Höhe, die auf mehrere hundert Kilometer ansteigt, Luft von einer gewissen Dichte vorhanden ist, das beweisen die Meteorite (S. 9), welche in die Anziehungssphäre unserer Erde gelangen und in einer bestimmten, annähernd zu berechnenden Entfernung vom Erdboden aufleuchten. In Höhen von 150 bis 200 km über der Erdoberfläche ist noch Luft vorhanden, die einige Widerstandsfähigkeit besitzt, aber selbst in Höhen bis zu 350 km ist jedenfalls noch Luft, wennschon in sehr verdünntem Zustande, zu erwarten. Ob von Grenzen der Atmosphäre überhaupt gesprochen werden kann, ist fraglich, doch kann man sich immerhin nicht denken, daß noch irdische Luft jenseits der Fläche vorhanden sein sollte, für deren sämtliche Punkte sich Anziehungs- und Zentrifugalkraft gerade die Wage halten.

Von fremden Beimengungen fürs erste abgesehen, stellt sich uns die atmosphärische Luft dar als ein mechanisches Gemenge — nicht als eine chemische Mischung — aus den drei Gasen Stickstoff, Sauerstoff und Kohlensäure, und zwar verhalten sich diese Gase quantitativ derart, daß sich in 100 Raumteilen Luft 20,77 Teile Sauerstoff, 78,35 Teile Stickstoff und 0,04 Teile Kohlensäure befinden, wozu dann im Mittel noch 0,84 Teile Wasserdampf hinzutreten. Die Verschiedenheiten in der Zusammensetzung der Atmosphäre, welche allerdings vorhanden sind, erreichen nirgends einen namhaften Betrag. Als der Sauerstoffgehalt gleichzeitig in Dresden, Bonn, Tromsöe (Norwegen), Pará (Brasilien)

und Cleveland (Ver. Staaten) ermittelt wurde, fanden sich dafür nahe übereinstimmende Zahlen. Natürlich nimmt jedoch die Menge des atmosphärischen Sauerstoffes mit zunehmender Höhe ab, und dadurch wird für den Menschen, der sich in größere Höhe begiebt, ein Zustand des Unbehagens bewirkt, der endlich auch Gefahr bringen kann (Bergkrankheit, zumal in den peruanischen Anden). Kürzlich hat Berson im Luftballon die ehemals für unzugänglich gehaltenen Meereshöhe von 9150 m erreicht, doch mußte er schon viel früher sein Leben durch künstliche Einatmung von Sauerstoff erhalten.

Auch andere Gase kommen, jedoch nur gelegentlich und durchweg in sehr kleinen Mengen, in der Atmosphäre vor. Ammoniak, Salpetersäure und salpetrige Säure finden sich häufig, begünstigt durch den Verwesungsprozeß stickstoffhaltiger, organischer Stoffe; als ein allotroper, d. h. chemisch veränderter Sauerstoff tritt das Ozon auf, auf das man früher übertrieben große Hoffnungen in hygienischer Beziehung gesetzt hat; irrespirable oder geradezu giftige Gase strömen aus den Schornsteinen vieler Fabriken aus und verunreinigen den Luftkreis der Städte. Von wirklicher Bedeutung, weil so gut wie niemals ganz fehlend, sind zwei weitere Beimengungen, deren einer schon vorübergehend gedacht worden ist, nämllich Staub und Wasserdampf.

Die Anzahl größerer und kleinerer Festkörper, welche in der Atmosphäre schweben und als Staubkörner bezeichnet werden, ist eine weit größere, als man glauben möchte; in einem nahe der Decke eines gewöhnlichen Zimmers entnommenen Kubikzentimeter Luft will man nicht weniger als 5 Millionen unterscheidbarer Fremdkörper nachgewiesen haben, während allerdings in der reinen Luft des schottischen Hochlandes nur 1500 auf den cbcm entfielen. Der Wasserdampf, welcher sich

durch die Ausdünstung der auf der Erde zahlreich vorhandenen Wasserflächen fortwährend von neuem ergänzt und selbst der Wüstenluft nicht gänzlich fehlt, wird der Luft zunächst in der Form sehr kleiner Wasserkügelchen in der Weise einverleibt, daß ein Staubkorn den Ansatzkern bildet; ohne Staub keine Tropfen-, Dunst- und Wolkenbildung. Die schwebenden Tröpfchen sind demzufolge auch nicht hohl, wie man dereinst annahm, sondern massive Wasserkugeln mit festem Zentrum. Solange diese Kügelchen nur einen kleinen Durchmesser haben, sind sie unsichtbar, ja fein verteilter Wasserdampf erhöht sogar die Durchsichtigkeit der Atmosphäre; wird dagegen der Durchmesser ein größerer, so werden die Tröpfchen-Ansammlungen als Nebel und Wolken sichtbar. Diese letzteren teilt man, je nachdem sie als dünne, verwaschene Flaumgebilde (in sehr großer Höhe, wahrscheinlich großenteils aus Eisnadeln bestehend), oder als breite, gestreifte Schichten oder endlich als kompakte, kugelige Massen erscheinen, in Zirrus-, Stratus- und Kumuluswolken. Diese Bezeichnung genügt natürlich nicht zur Kennzeichnung feinerer Unterschiede; so hat es denn neuerdings nicht an Versuchen zur Verbesserung der Namengebung gefehlt. Aus der eine Zwischenform darstellenden Kumulusstratuswolke bildet sich häufig die Regenwolke, von den Wetterkundigen Nimbus genannt, heraus.

Der am Hygrometer oder Psychrometer zu messende Dampfdruck liefert sofort die augenblicklich vorhandene absolute Feuchtigkeit der Atmosphäre; wichtiger ist die relative Feuchtigkeit, ausgedrückt durch einen ächten Bruch, in dessen Zähler der wirklich herrschende Dampfdruck, in dessen Nenner aber jener Dampfdruck steht, welcher bei der gegebenen Temperatur überhaupt möglich wäre. Ein bestimmtes Luftvolumen kann nämlich nicht stets die nämliche Wassermenge in sich auf-

nehmen, sondern diese hängt von der Wärme ab, und bei einer gewissen Temperatur, der des Taupunktes, ist die Luft mit Wasser gesättigt, so daß auch die geringste Erniedrigung der Temperatur eine wässerige Ausscheidung herbeiführt. Jene Dampfmenge, welche die Luft bei dem gegebenen Temperaturzustande noch aufzunehmen vermöchte, um sich zu sättigen, heißt Sättigungsdefizit.

Diese wässerigen Ausscheidungen aus der Atmosphäre sind uns als Niederschläge bekannt. Gemeiniglich fallen sie als Regen, bei niedriger Lufttemperatur als Schnee in der bekannten Form sechseckiger Sternchen. Leicht erklärlich ist auch die den Uebergangsjahreszeiten eigentümliche Graupelbildung; in dem Schneegestöber welches die einzelnen Flocken in Bewegung setzt, stoßen mehrere derselben an einander, gefrieren zu einem Eisklümpchen zusammen, und indem diese fernerhin durch überkühlte, d. h. bei einer Temperatur unter 0° doch noch flüssige Schichten hindurchfallen, schlagen sich auf ihnen neue Eislagen nieder. Ganz anders verhält es sich mit dem Hagel, diesem gefürchteten Begleiter unserer Sommergewittter, denn erstlich bestehen die Hagelstücke oder Schloßen aus viel reinerem Eise als die Graupelkörner, und zweitens ist die Außenseite ersterer gar oft eine so sonderbare, ja bizarre, daß bisher jeder Versuch, sich von deren Entstehung eine befriedigende Vorstellung zu verschaffen, mißlingen mußte. Soviel steht freilich fest, daß Hagelbildung dann und nur dann eingeleitet wird, wenn eine nach oben gerichtete, kräftige Bewegung der Luft größere Mengen Wasserdampf in höhere und damit kühlere Regionen der Atmosphäre hinaufführt, allein eine zureichende physikalische Erklärung ist mit diesem wesentlich nur den wirklichen Sachverhalt umschreibenden Erfahrungssatze noch keineswegs erbracht.

Zu den wässerigen Ausscheidungen der Atmosphäre gehört auch der Tau, der dann, wenn er sich an einer unter Null erkalteten Oberfläche niederschlägt, in verschiedenen Erscheinungsformen sich darstellen kann; dem gewöhnlichen Reif sind Rauhfrost und Glatteis nahe verwandt. Die Taubildung scheint in zwiefacher Weise vor sich zu gehen. Erstens nämlich kühlt bei Nacht der Erdboden sich stark durch Ausstrahlung ab, zumal wenn keine Wolkendecke jenen Vorgang hindert (Nachtfröste), und alsdann sinkt die Temperatur der dem Boden nächst anliegenden Luftschichten unter den Taupunkt, so daß sich der Dampf als flüssiges Wasser abscheidet; sodann aber gibt auch der Erdboden selbst die Feuchtigkeit wieder von sich, welche er vorher durch Absorption in sich aufgenommen hatte.

Die Luft befindet sich fast stets in einem Zustande elektrischer Spannung, möglicherweise hervorgebracht durch die nie aufhörende Reibung, welche zwischen den Luftteilchen und den unter sie gemengten Festkörpern (S. 54) unvermeidlich ist. Wenn ferner ein aufsteigender Luftstrom Wasserkügelchen in eine Luftschicht bringt, welche mit gefrorenen, darin schwebenden Wasserteilchen, mit Eispartikeln, angefüllt ist, so reiben sich die festen und flüssigen Körper an einander, und diese Reibung bildet die Ursache der Gewitterelektrizität (Sohncke). Daß die Friktion eine wesentliche, wo nicht die einzige Quelle der elektrischen Ladung unserer Lufthülle bildet, erhellt auch aus den neueren Beobachtungen auf freiem Meere. Verstärkt wird die bereits vorhandene Spannung durch das Regnen; dies ist leicht begreiflich, wenn man bedenkt, daß die Elektrizität sich immer nur auf der Oberfläche eines Körpers ansammelt, und daß, wenn viele kleine Tropfen zu einem größeren sich vereinigen, bei gleich-

bleibender Masse die Oberfläche verkleinert wird. Oberflächenverringerung ist aber gleichbedeutend mit Erhöhung der elektrischen Spannung.

Wenn die in der Regel negativ elektrische Erde und eine positiv elektrische Wolke nur noch durch eine dünne Wolkenschicht von einander getrennt sind, so kann jenes Ueberspringen des elektrischen Funkens stattfinden, welches wir Blitz nennen, und welches, wie überhaupt jeder Entladungsschlag, von einem Geräusche, hier dem Donner, gefolgt wird. Man unterscheidet Linien- oder Zickzackblitze, Flächenblitze, Kugelblitze und die sehr seltenen, einer Schnur aneinandergereihter kleiner Kugeln vergleichbaren Perlblitze; entfernte Blitze machen sich nur noch durch ihren Lichtschein, nicht mehr aber durch ihren auf so große Strecken unwirksamen Donner bemerklich, in welchem Falle man vom Wetterleuchten spricht. Den jähen Ausgleichen der entgegengesetzten Elektrizitäten stehen die langsamen gegenüber. Die Ausgleichsform des Polarlichtes haben wir schon (S. 52) kennen gelernt; bei minder starker Spannung kommt es zu solch ungefährlicher Vereinigung auch unter niedrigeren Breiten, wie das gar nicht selten zu beobachtende Ausströmen des elektrischen Fluidums aus Spitzen beweist. Auf Schiffen bezeichnet man die um die Masten zuckenden Flämmchen als das St. Elms-Feuer. Je nachdem die ausströmende Elektrizität das eine oder andere Vorzeichen besitzt, ist die Natur und Zusammensetzung der Lichtbüschel eine verschiedene.

Außer den erwähnten gibt es auch noch andere Lichterscheinungen in der Atmosphäre, welche durchaus unelektrisch sind und das Arbeitsgebiet eines selbständigen Wissenszweiges, der meteorologischen Optik, bilden. Zunächst

sind zu erwähnen die Brechungen und diffusen Reflexionen, welche das von der Sonne und von anderen Himmelskörpern kommende Licht beim Durchgange durch die Atmosphäre erleidet. Dadurch werden tagsüber die langwelligen Farben (Rot, Orange, Gelb) gänzlich absorbiert, ausgelöscht, nur kurzwellige Farbenstrahlen gelangen in unser Auge, hier den Eindruck der Himmelsbläue hervorrufend. Wenn umgekehrt das Licht der nahe dem Horizont stehenden Sonne sich durch dichtere Mittel, wie Dunstansammlungen, seinen Weg erkämpfen muß, so wiegen die langwelligen Farbenstrahlen entschieden vor und zeigen sich die Erscheinungen der Morgen- und Abendröte. Auch Beugungen können nicht ausbleiben, da, wie erwähnt, eine Menge verschiedenartiger Körperchen in der Luft schwebt, deren jedes den Lichtstrahl von seinem gradlinigen Wege ablenken und fortgesetzt Interferenzen veranlassen kann. Auf solchen beruhten jene merkwürdigen Dämmerungsfarben, welche der Ausbruch des Krakatau-Vulkanes nach sich zog (S. 36), indem dadurch alle höheren Luftschichten mit feinen Auswürflingen (S. 37) angefüllt wurden; am auffälligsten war der damals (drei Jahre lang) um Sonne und Mond schwebende bräunliche Lichtkranz, nach seinem ersten Entdecker Bishopscher Ring genannt. In den atmosphärischen Wasserkügelchen erleiden die Sonnenstrahlen mehrfache Zurückwerfungen und außerdem beim Aus- und Eintritte je eine Brechung, was zur Entstehung der mehrfachen Regenbogen führt; gewöhnlich sind nur zwei solche Bogen sichtbar, ein sehr heller und ein die umgekehrte Farbenfolge aufweisender schwächerer, doch kann unter günstigen Umständen auch noch ein dritter in die Erscheinung treten. Ein Regenbogen kann nicht zustande kommen ohne eine der Sonne gerade gegenüberstehende Regenwand, eine Vertikal-

schicht, die aus Wassertröpfchen besteht; auf einer Nebelwand, deren Tröpfchen erst sich zu kondensieren beginnen, kann bei Bergbesteigungen ein Beobachter sein anscheinend vergrößertes Schattenbild (Brockengespenst) von farbigen Ringen umgeben sehen (Heiligenschein, Zirkel Ulloas), wie sich solches wohl auch auf betauten Wiesen ereignet. Die Nebensonnen und Nebenmonde erklärt man durch die Brechungen, welche das Licht beim Durchgange durch die zweifellos in großer Höhe schwebenden sechseckig-prismatischen Eisnädelchen (S. 55) erleidet; die kleineren Höfe dagegen sind nichts als eine einfache Interferenzerscheinung, ähnlich derjenigen, welche man erhält, wenn man eine Lichtflamme durch eine mit Bärlappsamen bestreute Glasplatte betrachtet.

Indem wir nunmehr zu den Bewegungen in der Atmosphäre übergehen, stellen wir gleich anfangs fest, daß dieselben größtenteils in Wärmedifferenzen ihren Grund haben; durch ungleiche Erwärmung benachbarter Erdstellen werden Dichte- und Druckunterschiede zuwege gebracht, zu deren Ausgleichung eine Strömung eintritt und eine solche Strömung bezeichnen wir ganz allgemein als Wind. Das Barometer gestattet uns, Unterschiede im Luftdrucke zu messen, und aus dieser Ursache ist es auch als Instrument zum Höhenmessen tauglich. Da nämlich, wenn wir uns die ganze Atmosphäre durch rasch auf einander folgende Horizontalflächen in Schichten eingeteilt denken, jede weiter nach oben liegende Schicht auch immer weniger Luft zu tragen hat, so gilt, wenn man von der Temperatur, der Luftfeuchtigkeit und Erdanziehung Abstand nimmt, denen bei genaueren Bestimmungen Rechnung zu tragen ist, nachstehender Lehrsatz: Während die Höhen über dem Meere in arithmetischer Progression wachsen, nehmen die Barometerstände in geometrischer Progression ab. In

eine Regel umgesetzt, heißt dies: Der Höhenunterschied zweier Orte wird gefunden, indem man den Logarithmus des oben gefundenen Barometerstandes von dem Logarithmus des unten gefundenen abzieht und die Differenz mit einer ein für alle mal bestimmten, konstanten Zahl multipliziert.

Mit Hilfe des Barometers also können wir die Isobaren oder Linien gleichen Luftdruckes verzeichnen, welche an der Erdoberfläche verlaufen. Um vollständige Vergleichbarkeit herzustellen, kann man im Sinne der angegebenen Regel sämtliche Barometerstände zuvor auf den Meeresspiegel reduzieren, für welchen ein Normalstand von 760 mm angenommen wird. Wenn die Isobarenkarte vorliegt, so erkennt man sofort, an welchen Stellen sich barometrische Elevationen und Depressionen oder, wie man auch sagt, Maxima und Minima befinden, und daß die Kenntnis dieser Oertlichkeiten von höchster Bedeutung für die ganze atmosphärische Physik ist, das bezeugt das mit Recht berühmt gewordene barische Windgesetz von Buys-Ballot, welches folgendermaßen ausgesprochen werden kann:

Der Wind weht im allgemeinen von einem barometrischen Maximum zum nächsten Minimum hin, wird aber durch die Erdablenkung unaufhörlich von seinem Wege abgelenkt und zwar auf der Nordhalbkugel nach rechts, auf der Südhalbkugel nach links.

Freilich muß, wie erst in der neuesten Zeit klar erkannt werden konnte, betont werden, daß dieses Gesetz nur für die unteren Schichten zu Recht besteht, doch können wir, die sozusagen auf dem Grunde des Luftozeanes wohnen, uns immerhin nach dem Gesetze richten. In den höheren Luftregionen sind dagegen die Bewegungsvorgänge andere, und man ist eifrig bemüht, auch ihre Gesetzmäßigkeit zu ergründen, teils

auf mathematischem Wege, teils auch durch systematische Beobachtung des Zuges der höheren Wolken. Wir haben es aber doch vorzugsweise mit den Bewegungen in den unteren Partien der Lufthülle zu thun; sie sind für Klima und Wetter die zunächst maßgebenden.

Will man in Europa erfahren, wo ungefähr im Augenblicke Maximum und Minimum gelegen sind, so stellt man sich so, daß man den Wind gerade im Rücken hat, und hält die rechte Hand etwas seitlich nach rückwärts, die linke ebenso nach vorwärts. Erstere weist dann auf das Gebiet hohen Druckes, letztere weist auf das Gebiet schwachen Druckes hin.

Die in der Umgebung eines Maximums statthabende Bewegung nennt man eine antizyklonale, die in der Umgebung eines Minimums statthabende eine zyklonale; Fig. 14 sucht von den grundsätzlichen Verschiedenheiten der beiden Bewegungsformen, die bezüglich zentrifugal und zentripetal sind, eine — jedoch nur für die unteren atmosphärischen Schichten unserer Halbkugel zutreffende — Vorstellung zu vermitteln. Von gewissen, mehr nur scheinbaren Ausnahmen abgesehen, ordnen sich alle Luftbewegungen diesen beiden typischen Formen unter. Vor allem wird durch das Buys-Ballotsche Gesetz auch dargethan, daß zwischen den sanften Winden der gemäßigten Erdgürtel und jenen furchtbaren Wirbelstürmen, die den tropischen Ländern eigentümlich sind und als Tornados in Amerika, als Taifune in den indisch-chinesischen Meeren schon so viel Unheil ange-



Fig. 14.

richtet haben, gar kein grundsätzlicher, sondern nur ein gradueller Unterschied obwaltet.

In der Nähe des Aequators ist die Erhitzung stets eine besonders starke, und es bilden sich demgemäß hier fortwährend aufsteigende Luftströme, welche eine barometrische Depression bedingen; gegen diese strömt, dem barischen Windgesetze gemäß, die Luft aus den höheren Breiten ab. Zieht man den Einfluß der Erdrotation mit in Betracht, so kann man den Weg der strömenden Luft von vornherein übersehen und findet in Uebereinstimmung mit den Thatsachen, daß die in den tieferen Schichten ihren Weg nehmenden Strömungen, die Unterpassate, je eine nordost-südwestliche und südost-nordwestliche Richtung einhalten, während, weiter von der Erdoberfläche entfernt, die Oberpassate in der entgegengesetzten Richtung dahinziehen. Allerdings machen sich die Passate nicht auf der ganzen Erde fühlbar, sondern nur innerhalb zweier Zonen, die polwärts ungefähr durch die Parallelkreise von $\pm$ 35° und gegen den Aequator hin durch die Kalmenzone, das Gebiet der energischen Luftauflockerung, begrenzt werden. Letzteres schließt den Gleicher ein, liegt jedoch nicht symmetrisch zu demselben und verschiebt sich im Gefolge des Sonnenstandes. Uebrigens prägt sich auch innerhalb der wirklichen Passatzone der erwähnte Luftaustausch lediglich über dem Atlantischen und Pazifischen Ozeane mit voller Reinheit aus; über den Festländern verwischt sich die Regelmäßigkeit, und über dem bloß nach Süden offenen Indischen Ozeane treten an die Stelle der Passatwinde die Halbjahrsgegenströmungen oder Monsune. Da nämlich das asiatische Festland unter den Strahlen der Tropensonne sich im Sommer der nördlichen Halbkugel weit stärker als das Meer erhitzt, so liegt in dieser Jahreszeit ein barome-

trisches Minimum über Indien, und im Winter, wenn also die Sonne über der südlichen Erdhälfte steht, verschiebt sich jenes Minimum so, daß es über dem Meere ruht, denn das Wasser besitzt eine weit größere Wärmekapazität, als der Festboden, und demgemäß behält jenes die ihm einmal eingepflanzte Wärme länger, als dieser, der durch Ausstrahlung rasch erkaltet. So geht offenbar während des Sommerhalbjahres die Windrichtung vom Meere zum Lande (Südwestmonsun), während des Winterhalbjahres vom Lande zum Meere (Nordostmonsun).

Im kleinen zeigt sich ganz der gleiche Wechsel an jeder Meeresküste. A (Fig. 15) ist das Festland, B das Meer; über A entsteht der Zustand der Luftauflockerung, so lange die Sonne scheint, und über B, solange diese unter dem Horizonte verbleibt. Demnach weht bei Tage stets ein Seewind, zur Nachtzeit ein Landwind, während kurz vor Unter- und Aufgang der Sonne sich ein als Windstille (Abflauen des Windes) fühlbarer Gleichgewichtszustand einstellt. Die ganz ausgezogenen Linien der Figur entsprechen (schematisch) der Luftbewegung des Tages, die gestrichelten derjenigen der Nacht. Aehnlich in ihrem regelmäßigen Verlaufe sind die Berg- und Thalwinde im Hochgebirge. Tagsüber erhält sich in der Atmosphäre infolge ungleicher Wirkung der Sonnenstrahlen auf Luft- und Felsmassen ein Bestreben, gegen die Berghänge hinzufließen, an ihnen in die Höhe zu steigen, und wenn die Sonne sich senkt, wird eine Bewegung im umgekehrten Sinne eingeleitet.

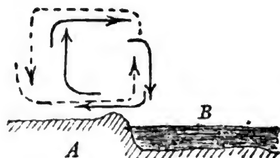


Fig. 15.

Das, was wir Witterung nennen, der augenblickliche Gesamtzustand der Lufthülle für einen nicht zu kleinen Bezirk, ist von der jeweiligen Verteilung der Elevationen und Depressionen abhängig. Steht eine Gegend unter der Herrschaft eines Maximums, so darf dieselbe auf dauernd schönes Wetter rechnen, während für die Umgebung eines Minimums die Unbeständigkeit bezeichnend ist. Auch sind die Minima ungleich beweglicher als die Maxima. Auf diese Erfahrungswahrheiten gründet sich die Wetterprognose, welche aus dem Studium der synoptischen isobarischen Tageskarten den Weg zu ermitteln bestrebt ist, auf welchem das nächste Minimum, der wahre Wettermacher, herannaht. Es pflegen sich nämlich die Depressionen auf gewissen Zugstraßen zu bewegen, von denen die für Europa charakteristischen großenteils näher erforscht sind (van Bebber). An der Vorderseite des rasch, gewöhnlich in westöstlicher Richtung dahinziehenden Minimums bildet sich, zumal im Sommer und unter dem Einflusse starker Bestrahlung der Luft, sehr leicht eine Ausbuchtung aus, in welcher ein sekundäres (Teil-) Minimum seinen Sitz hat, und insofern die Bildung dieser Teildepressionen fast immer den Ausbruch eines Gewitters zur Folge hat, so spricht man wohl auch von einem Gewittersacke. Allerdings jedoch hat man mit Mohn einen grundsätzlichen Gegensatz zu machen zwischen Wärmegewittern, zu denen ein aufsteigender Luftstrom den unmittelbaren Anstoß giebt und die den Tropen eigentümlich, übrigens aber auf einen kleineren Bezirk beschränkt und selten verheerend sind, und zwischen Wirbelgewittern, welch letztere mehr in höheren Breiten und dann auch in der kalten Jahreszeit vorkommen — die fast regelmäßig von zerstörenden Wirkungen begleiteten Wintergewitter. Bei Wirbelgewittern scheidet die Gewitter-

front, deren Fortschritt über die Erde weg durch die Homobronten (ἡ βροντή, der Donner), d. h. durch die alle Orte gleichzeitigen ersten Donner-Erschallens verbindenden Kurven bezeichnet wird, zwei Gebiete, innerhalb deren die Luftdruck- und Temperaturverhältnisse auf das äußerste verschieden sind; in nächster Nähe der Front steht die Windrichtung senkrecht auf den Isobaren (eine der erwähnten scheinbaren Ausnahmen vom barischen Windgesetze).

Eine besondere Gattung von Luftbewegungen stellen die Fallwinde dar, die entstehen, wenn eine Luftmasse, die bis dahin ruhig über einem Plateau oder Gebirgskamme lagerte, durch die Saugwirkung eines vorüberziehenden barometrischen Minimums zum plötzlichen Abstürzen gebracht wird. Je nach dem Gleichgewichtszustande — ob stabil, ob indifferent, ob labil — der atmosphärischen Schichten, durch welche hindurch der Fallwind seinen Weg nimmt, gestaltet sich die Erwärmung der Luft, die nach den Gesetzen der mechanischen Wärmetheorie niemals ganz ausbleiben kann, verschieden. Im ersten Falle tritt eine wirkliche, durch das Thermometer nachweisbare Erhöhung der Temperatur ein; bei indifferentem Gleichgewichte bleibt der Fall ergebnislos; drittens endlich kann es auch geschehen, daß trotz der thatsächlichen Erwärmung der Wind den Eindruck des Frostgefühles hervorruft. Warme Fallwinde werden, im Anschlusse an den bekannten austrocknenden Wind der West- und Nordalpen, Föhnwinde, kalte Fallwinde werden, nach dem Beispiele des gefürchteten istrisch-dalmatinischen Lokalwindes, Borawinde genannt.

Dem Wetter, als dem absolut unbeständigen Elemente in der Lehre von der Atmosphäre, steht gegenüber das Klima als der Inbegriff aller derjenigen atmosphärischen Eigenschaften, welche einen stabilen Charakter an sich tragen, und so ist denn

naturgemäß die Klimatologie ein hervorragend wichtiger Bestandteil der physischen Erdkunde. Entlehnt ist die Namengebung von der Neigung der Sonnenstrahlen (S. 10) gegen die gekrümmte Erdoberfläche, und in der That erscheint diese Neigung auch bestimmend für das, was man das solare Klima nennt, und was allein maßgebend wäre, wenn die Erde eine völlig glatte sphärische Oberfläche besäße. Verhielte es sich so, dann wäre die Ermittlung des klimatischen Zustandes eines gegebenen Ortes eine — darum freilich noch immer nicht leicht lösbare — geometrische Aufgabe. Die Physik beweist folgenden Satz: Die Erwärmung, welche einer ebenen Fläche durch ein schief auffallendes Parallelstrahlenbündel zu teil wird, ist proportional dem Sinus des Einfallwinkels. Dieser letztere ist nun, wie Fig. 16 ersehen läßt, sowohl von der Höhe der Sonne über dem Horizonte als auch von der geographischen Breite des betreffenden Ortes abhängig. HH ist der Horizont des Ortes B, dem die Breite φ (gleich $\sphericalangle$ BCA) zukommt, und die von der Sonne ausgehenden Strahlen sind der Graden SB parallel. Dann ist h die augenblickliche Höhe der Sonne, somit auch zugleich der Neigungswinkel, und man sieht sofort, daß $h = 90° - \varphi + \delta$ ist, unter δ die Deklination (den Aequatorabstand der Sonne) verstanden.

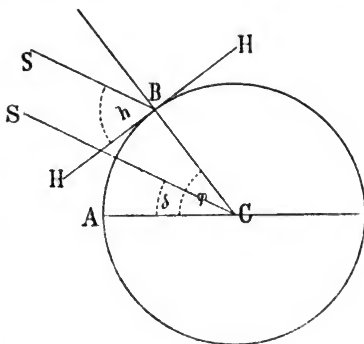


Fig. 16.

Auf der Erkenntnis der Bedeutung des Neigungswinkels

der Sonnenstrahlen beruht die altgriechische Einteilung der Erdoberfläche in die bekannten fünf Zonen oder Gürtel. Allein freilich ist das physische Klima, welches von der thatsächlichen Beschaffenheit der Erdoberfläche abhängt, etwas ganz anderes; es kann nicht auf theoretischem Wege, sondern nur durch mühsame Einzelforschung festgestellt werden, und diese wiederum kann nur bei Benützung langjähriger Beobachtungsregister auf Erfolg rechnen. Die Tages-, Monats- und Jahresmittel der Temperatur, absoluten und relativen Feuchtigkeit (S. 56) müssen bekannt sein, nicht minder die Schwankungen, welche für das betreffende klimatische Element innerhalb eines gegebenen Zeitraumes einzutreten pflegen; man muß wissen, wie viel Tage im Durchschnitte vieler Jahre frostfrei sind, wie lange andererseits die Eisdecke über den Gewässern sich behauptet. Sättigungsdefizit, Regenwahrscheinlichkeit und mutmaßliche Regenmenge sollten womöglich für jeden einzelnen Tag im Jahre bekannt sein, und ebenso ist der Grad der Bewölkung anzugeben, der einem echten Bruche gleich ist (0, wenn gar keine Wolke am Firmamente sichtbar ist; 1, wenn man gar keinen blauen Himmel mehr erkennt). Minder bedeutsam wäre an und für sich für die Klimakunde der Luftdruck, der freilich indirekt das Klima doch auch als Erreger der Winde beeinflußt. Diese aber sind selbstverständlich bei der Gestaltung des Klimas von nicht zu unterschätzender Bedeutung. Ein klimatischer Kurort z. B. wird in Europa nur dort sein Gedeihen finden, wo Winde aus dem südlichen und westlichen Teile der Rose häufiger sind, als solche aus dem nördlichen und östlichen Teile. Mit der Klimatologie steht in engster Beziehung die medizinische Geographie. Dieselbe hat zu untersuchen, welche Krankheiten einer bestimmten Erdgegend eigentümlich (dort endemisch) sind, unter

welchen örtlichen und regionalen Bedingungen ihr Vorkommen steht, wie sich insbesondere die für die Kolonialpolitik so wichtige Frage der Akklimatisation — Anpassung an meteorologische und sanitäre Zustände — gestaltet.

Um die klimatische Beschaffenheit der Orte eines größeren Gebietes bequem übersehen und daraus Vergleiche betreffs der Eigenart des physischen Klimas ziehen zu können, verzeichnet man, am besten auf Erdkarten in Mercators Projektion, die klimatologischen Kurven, d. h. man legt Linien durch alle jene Punkte, für welche gleiche Mittelwerte eines gewissen klimatischen Elementes berechnet worden sind. Mit den Isobaren haben wir uns oben (S. 61) beschäftigt; für die Temperatur leisten ein gleiches die Jahresisothermen, Sommer- und Winterisothermen und Monatsisothermen; die geographische Verbreitung der Bewölkung stellen die Isonephen, diejenige der Eisverhältnisse die Aequiglazialen dar, deren es dreierlei Arten sind, je nachdem an den betreffenden Orten die Eisdecke am gleichen Tage sich bildete, am gleichen Tage verschwand und gleich lange liegen blieb. Auch ein indirektes Hilfsmitel darf nicht unbesprochen bleiben.

Dies ist die Pflanzen-Phänologie, ein Grenzgebiet zwischen Botanik und Klimakunde. Ihr Begründer ist Linné, der den Rat erteilte, den Tag des Eintrittes bestimmter Pflanzenarten in gleichfalls bestimmte Phasen — Aufblühzeit, Moment der Laubfärbung oder Entlaubung — anzumerken, weil sich darin die Einwirkung des Klimas wiederspiegle. Man hält mit Recht dafür, daß die Gesamtwärme, welche seit dem Wiedererwachen der Vegetation bis zum Eintritte irgend einer Phase von dem Gewächse aufgenommen werde, eine in allen Jahren ziemlich gleich bleibende Größe sei. Auch verbindet man die

Orte gleicher Phasen durch die als Isophanen bezeichneten Kurven, deren Verlauf zum Klima in ursächlicher Beziehung steht.

Für das physische Klima ist von durchschlagendster Tragweite der Gegensatz zwischen Wasser und Land. Das Küstenklima (See- oder Inselklima) wirkt abstumpfend und mildernd auf die Temperaturgegensätze; das Kontinentalklima (Binnenklima) dagegen läßt diese Gegensätze mit umso größerer Entschiedenheit hervortreten, je weiter der betreffende Ort vom Ufer der nächsten größeren Wasseransammlung entfernt ist. Auch ausgedehnte Binnenseen haben eine dem Meere ähnliche Wirkung, wie dies in der Nähe der großen kanadischen Seen nachgewiesen wurde, und es ist dies auch leicht zu verstehen, weil als Ursache lediglich die höhere Wärmekapazität des Wassers (S. 64) in Betracht kommt. Dem Kontinentalklima eigentümlich sind die Kälteinseln, abgeschlossene Bezirke, in deren Innerem ein relatives Kältemaximum herrscht, und nur in solchen können sich auch die eigentlichen Kältepole vorfinden, Orte, an denen im strengen Winter die Temperatur eine ganz abnorm niedrige ist. Damit sind ziemlich hohe Sommertemperaturen, ganz dem Wesen des Binnenklimas entsprechend, wohl vereinbar, nur dauert die Sommerwärme nicht lange an. Das sibirische Städtchen Werchojansk (n. Br. 67° 34′; östl. L. v. Gr. 133° 51′; Seehöhe 107 m) stellt einen Kältepol der Erde dar, dessen Mitteltemperaturen (in Celsiusgraden) sich auf die einzelnen Monate des Jahres also verteilen:

Januar.	Februar.	März.	April.	Mai.	Juni.
—53,1.	—46,3.	—47,7.	—15,8.	—0,1.	+9,6.

Juli.	August.	September.	Oktober.	November.	Dezember.
+13,8.	+6,4.	—1,6.	—20,2.	—40,1.	—49,9.

Die auffallende Erscheinung, daß der März ein besonders kalter Monat ist, scheint dem ganzen nördlichen Polargebiete gemeinsam zu sein. Die mittlere Jahrestemperatur von Werchojansk wurde gleich —19,3°, die absolut niedrigste Temperatur gleich —68° gefunden. Diesem asiatischen Kältepole scheint ein amerikanischer zur Seite zu stehen, der im Inneren Grönlands zu suchen wäre.

Hinsichtlich der Wechselbeziehungen zwischen Klima und Pflanzenleben wird die Anführung eines einzigen Beispieles Klarheit verschaffen. In England ist jeder Versuch, den Weinstock einzubürgern, vergeblich gewesen, aber südliche Gewächse können manchenorts dort im Freien überwintern; in den Rheinlanden würden letztere unrettbar durch Frost zu Grunde gehen, allein dafür gedeiht allda umso trefflicher die Rebe. Warum sich dies so verhält, ist leicht einzusehen: die meerumspülte Insel besitzt milde Winter und kühle Sommer, und daß das Thermometer (von Schottland abgesehen) unter den Gefrierpunkt fiele, ist eine Seltenheit; die schon ziemlich kontinentale Rheingegend andererseits sieht sehr kalte Winter mit jener starken Sommer- und Herbsthitze abwechseln, deren es zum „Kochen" der Traube unbedingt bedarf.

Ausgiebige Bewaldung eines Landstriches bewirkt, das Klima möge sonst wie immer beschaffen sein, eine Annäherung des klimatischen Charakters an den der Küstenlande, und Entwaldung bezweckt natürlich ebenso das Gegenteil, doch muß man sich hüten, den Einfluß kleinerer Waldstücke auf das Klima zu überschätzen. Die Menge der atmosphärischen Niederschläge, so wie sie nach längerer Zeit der Regenmesser oder Ombrometer angibt, ändert sich kaum wesentlich, wohl aber haben Baumanpflanzungen das

Gute, daß sie eine wohlthätige Verteilung der Niederschläge einleiten, und umgekehrt sind für baumloses Terrain heftige, schnell vorübergehende Regengüsse und Wolkenbrüche an der Tagesordnung. Des ferneren speichert jeder Forst die Feuchtigkeit auf, weil die Baumkronen rasche Verdunstung hindern, und Krankheits-Miasmen sind in seinem Bereiche ebenso selten, wie in Sumpfgegenden häufig.

Auch das Vorhandensein weiter Schneeflächen ist für das Klima eines Landes nicht gleichgiltig. Ein von Schnee bedecktes Bodenstück hat eine verhältnismäßig große Wärmekapazität, und so entspricht einem reichen Schneefalle eine gewisse Umgestaltung des Klimas in maritimem Sinne, unerachtet der Abkühlung der Luft, welche von einer Schneelandschaft notwendig ausgeht. Dies letztere tritt hauptsächlich im Frühling hervor, denn ein großer Teil der Sonnenwärme, welche im anderen Falle zur Erhöhung der Lufttemperatur Verwendung fände, dient nunmehr zum Schmelzen des Schnees, und eben diese Wärmemenge wird latent (unfühlbar und thermometrisch unmeßbar). Wenn im nordwestlichen Rußland die Newa und die benachbarten gewaltigen Seen auftauen, macht sich weithin, zumal auch in der Entwicklung des Pflanzenlebens, der Temperaturrückgang bemerkbar.

Sehr einschneidend kann sich auch der Gegensatz zwischen Höhen- und Tiefenklima offenbaren. Im allgemeinen nimmt mit zunehmender Höhe die Temperatur ab, und zwar sinkt sie im Gebirge durchschnittlich um einen halben Grad und mehr, wenn man um 100 m aufgestiegen ist. Nur im Winter verhält es sich oft anders, indem dann die sogenannte Temperaturumkehr eintritt, kraft deren es in größerer Höhe wärmer als unten ist. Diese Erscheinung tritt am schärfsten im Hochgebirge — namentlich in den Ostalpen — auf, fehlt

jedoch auch den Mittelgebirgen und auch der freien Atmosphäre in bedeutender Höhe nicht. Auch ändert sich, worin wir eine andere Bethätigung des Höhenklimas erblicken, in größerer Entfernung von der Ebene der tägliche Temperaturgang. Wir sind gewohnt, das tägliche Temperaturmaximum zwischen 1^h und 2^h nachmittags eintreten zu sehen, aber auf Hochgipfeln tritt fast durchaus eine Verspätung (auf dem Obir in Kärnthen erst gegen 4^h), auf Hochplateaux eine Verfrühung (auf dem Pamir nach Capus schon vor 1^h) ein. Ganz besonders werden jedoch durch die Erhebungen der Erde die Regenverhältnisse betroffen. An der Luvseite, welche den mit Wasserdampf beladenen Winden (bei uns den Westwinden) ausgesetzt ist, muß es viel feuchter sein, als an der im Windschatten gelegenen Leeseite, denn indem die bewegte Luft an den Gebirgsflanken aufsteigt, kommt sie in kühlere Regionen und muß damit einen Teil des bisher mitgeführten Dampfes, der sich nunmehr verdichtet, in Form von Regen abgeben. Die Regenmengen wachsen mit der Höhe, jedoch nicht unbeschränkt, sondern nur bis zu einer gewissen Grenze hin; diese Linie des Niederschlagsmaximums wird für den Himálaya in eine Höhe von 1000 m, für die Gebirge Javas in eine Höhe von 1400 m verlegt.

Wenn wir jetzt mit kurzen Worten eine Klimacharakteristik der einzelnen Erdzonen geben wollen, so dürfen wir von der Tropenzone sagen, daß sie durch feuchte Wärme, durch geringe tägliche und jährliche Temperaturschwankungen — Jahreszeiten in unserem Sinne giebt es nicht mehr — und durch den Wechsel von Regen- und Trockenzeiten ausgezeichnet ist. Letzteres darf allerdings nicht so verstanden werden, als müsse jeder zwischen den Wendekreisen gelegene Ort zweimal im Jahre, wenn nämlich die Sonne im Zenit steht, einer

zweimaligen Regenperiode teilhaftig werden; dieselbe verwischt sich sehr häufig, so daß viele Gegenden nur einmal, dann aber durch Monate, eine Regenzeit besitzen. Dies gilt z. B. für Britisch-Indien, wogegen die Antillen-Insel Jamaika sogar ein dreifaches Regenmaximum im Jahr aufweist. An die heiße Zone grenzen in der Alten wie in der Neuen Welt großenteils Wüstengebiete, deren Klima durch große Trockenheit gekennzeichnet ist, wie es denn in der Sahara Striche giebt, die sich mit einem alle drei bis vier Jahre fallenden, dann freilich wolkenbruchartigen Regen begnügen müssen. Hieran schließen sich polwärts die subtropischen Zonen, die aber nicht als geschlossene Gürtel rund um die Erde sich herumziehen. Ihre klimatische Eigentümlichkeit besteht in der Bevorzugung der kühleren Jahreszeiten durch die Niederschläge. So kennt man in der nördlichen subtropischen Zone, welche sich mit dem Mittelmeerbecken, dies Wort im weitesten Sinne genommen, deckt, ganz ausschließlich Winterregen. Das Wesen der gemäßigten Zonen ist leicht zu beschreiben: ihnen eignen unregelmäßige Witterung, Regen in allen Jahreszeiten und vorherrschende Westwinde. Von dem Klima der Polarzonen endlich kann man sich dadurch von vornherein eine Vorstellung verschaffen, daß man die aus dem scheinbaren Sonnenlaufe sich ergebenden Folgerungen zieht: einen Teil des Jahres steht die Sonne ununterbrochen am Himmel, während eines zweiten Teiles geht sie auf und unter, und im dritten Teile herrscht vollkommene Dunkelheit. Jedenfalls ist das Polarklima ein sehr gesundes, denn die kleinen pflanzlichen und tierischen Feinde der menschlichen Gesundheit, die Mikroorganismen, finden hier keine günstigen Lebensbedingungen vor. Die ältere Annahme, daß die Kälte mit der Annäherung an die Pole stetig zunehmen müsse, hat sich

den Erfahrungen der Nordpolfahrer zufolge nicht bewahrheitet, vielmehr scheinen gerade am Polarkreise, wie u. a. Werchojansk (S. 70) zeigt, die allerniedrigsten Temperaturen zu herrschen, und extreme Kälte dürfte schwerlich der Hauptgrund sein, wenn es nicht gelingen will, den Pol zu erreichen.

Man hat lange vergeblich nach einer sicheren Entscheidung der Frage gesucht, ob das Klima einer bestimmten Erdstelle etwas konstantes oder veränderliches sei. Scharfsinnige Prüfung indirekter Kennzeichen, vornämlich der Spiegelschwankungen abflußloser Seebecken, bezüglich deren nur mit Regenfall und Verdunstung zu rechnen ist, hat Brückner zur Entscheidung im letzteren Sinne geführt. Es scheint, daß allenthalben auf der ganzen Erde Perioden trocken-warmer und feucht-kühler Jahre mit einander abwechseln, und zwar wird die Dauer einer solchen Periode auf dreißig bis vierzig Jahre veranschlagt. Ob der letzte Grund der Klimaveränderungen ein rein tellurischer oder aber ein kosmischer, d. h. durch die Bewegungen und Zustandsänderungen der Himmelskörper bedingter sei, ob etwa die erwähnte Periode mit derjenigen der Sonnenfleckenhäufigkeit (S. 51) in Zusammenhang gebracht werden könne, darüber muß man sich einstweilen noch des Urteils enthalten. Die Lehre von der Gletscherbewegung und von der sogenannten Eiszeit wird uns in Abschnitt X auf dieses Problem wieder zurückführen, indem sich alsdann herausstellen wird, daß ähnliche Klimaschwankungen, wie sie uns die Gegenwart kennen lehrt, sich bis in entfernte geologische Zeitalter zurückverfolgen lassen.

VIII. Das Meer.

Dem Wasser des Meeres fällt auf der Erdoberfläche ein größerer Flächenraum zu als dem Festlande, und zwar

gibt der Bruch 1 : 2,759 das Verhältnis an, in welchem die von beiden Elementen in Anspruch genommenen Areale zu einander stehen. Man unterscheidet Weltmeere oder Ozeane, für welche sich (s. u.) ein geschlossenes Zirkulationssystem nachweisen läßt, Neben= oder Randmeere, welche in weit geschweiftem Bogen ins Festland eindringen (Ochotskisches Meer, Gelbes Meer), und Mittelmeere, welche entweder nur durch eine einzige schmale Pforte (Mittelländisches Meer) oder durch eine Anzahl solcher Zugänge (Karaibisches Meer, Sunda=See) mit dem freien Meere in Verbindung stehen. Kleinere Eingriffe des Meeres in das Festland werden als Bucht, Bai, Golf, Meerbusen bezeichnet, während eine Meeresstraße (Sund) einen schmalen Meeresarm zwischen zwei Festländern (oder Inseln) bedeutet. Was die Verteilung von Wasser und Land im einzelnen anbetrifft, so wird sie durch folgende Tabelle von H. Wagner erläutert, wobei zu bemerken ist, daß die unter den erwähnten Rubriken stehenden Zahlen Prozentteile des Gesamtflächeninhaltes der jeweiligen Zone sind.

Geogr. Breite.	Festland.	Wasser.	Geogr. Breite.	Festland.	Wasser.
70°—80° N.	28,8	71,2	0°—10° N.	22,8	77,2
60—70	71,4	28,6	0—10 S.	23,6	76,4
50—60	56,9	43,1	10—20	22,1	77,9
40—50	52,3	47,7	20—30	23,1	76,9
30—40	42,8	57,2	30—40	11,4	88,6
20—30	37,6	62,4	40—50	3,2	96,8
10—20	26,3	73,7	50—60	0,8	99,2

Für die nördliche Polarkalotte zwischen 80 und 90, sowie für die südliche zwischen 60 und 90 Graden konnten planimetrische Messungen noch nicht angestellt werden, weil die geographische Erforschung eben dieser Länderräume zur Zeit noch nicht hinreichend weit vorgeschritten ist.

Verteilt man die Meeresareale auf die einzelnen Ozeane, so kommen die nachstehenden Zahlen heraus:

Großer oder Pazifischer Ozean:	161 137 000 qkm,
Indischer Ozean:	72 263 000 qkm,
Atlantischer Ozean:	79 776 000 qkm,
Nördliches Eismeer:	12 796 000 qkm,
Südliches Eismeer:	15 630 000 qkm (sehr hypothetisch),
Sämtliche Mittelmeere d. Erde:	30 748 000 qkm.

Die Anzahl der Quadratkilometer, welche auf die Gesamtmeeresfläche der Erde kommen, wäre demnach etwa 370 000 000.

Um die Tiefe der Meere zu finden, bedient man sich einer der verschiedenen Auslotungsmethoden, welche direkte und indirekte sein können. Im ersteren Falle wird an einer vorher über eine Welle gewickelten Schnur, oder, da diese unter stärkerem Wasserdrucke leicht zerreißt, an Klaviersaitendraht ein schwerer Körper in das Wasser hinabgelassen, und sobald jener den Grund berührt hat, gibt die benäßte Schnur oder Drahtlänge ohne weiteres die gesuchte Tiefe. Um den genauen Zeitpunkt des Auftreffens festzustellen, wird eine durchbohrte Kanonenkugel (Fig. 17) verwendet, in deren Achsenausbohrung ein aus leichterem Stoffe verfertigter Stab steckt. Solange das Ganze sich in Bewegung befindet, verhalten sich die einzelnen Teile der Vorrichtung, als ob sie einen einzigen Körper bildeten; sowie jedoch die Stabspitze den Boden erreicht, klappen bei A und B die Flügel um, und die Kugel sinkt herab, um auf dem Grunde liegen zu bleiben,

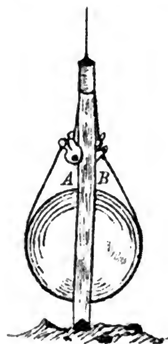


Fig. 17.

während der Stab sofort wieder nach oben steigt. Die indirekten Methoden beruhen darauf, daß entweder — ähnlich, wie das Aneroid- oder Federbarometer den Luftdruck mißt — durch die Gestaltsveränderungen einer elastischen Platte der an einer bestimmten Stelle herrschende Wasserdruck bestimmt wird, worauf man rechnerisch auf die erreichte Tiefe schließt, oder daß eine unten offene, geteilte Glasröhre vertikal eingesenkt wird, in welche das Wasser umso weiter eindringt, je stärker sein Druck, je größer also auch die erreichte Tiefe ist, indem zugleich ein chemischer Farbstoff, mit welchem die Innenwand der Röhre ausgekleidet ist, seine Farbe gerade soweit ändert, als er vom Wasser benetzt worden war.

Indem man so einzelne Tiefen maß, fand man, daß allerdings sehr beträchtliche Einsenkungen des Meeresgrundes vorhanden sind, wogegen natürlich von unergründlichen Tiefen nicht die Rede sein kann. Supan stellt die den einzelnen großen Meeresbecken zukommenden Maximaltiefen zusammen, wie folgt:

Nördl. Großer Ozean:	44°55′	n. Br.,	151°26′	ö. L.	8593 m;
Südl. Großer „ :	24 37	s. Br.,	175 0	w. L.	8101 m;
Indischer „ :	9 18	s. Br..	105 28	ö. L.	5852 m;
Nördl. Atl. „ :	19 39	n. Br.,	66 26	w. L.	8341 m;
Südl. Atl. „ :	0 11	s. Br.,	18 15	w. L.	7370 m;

Man sieht, daß die größte bisher bekannte Meerestiefe, welche übrigens diese ihre Eigenschaft auch nicht für alle Zeiten beibehalten wird, nicht erheblich hinter der größten Bergeshöhe (8840 m) zurücksteht. Gleichwohl würde man sehr irren, wollte man glauben, daß, wenn plötzlich alle Wasser der Meere verschwänden, deren Grund den Eindruck eines Gebirgslandes mit Bergen und Thälern hervorbringen müßte, wie man dies im vorigen Jahrhundert als selbstver-

ständlich annahm (Fortsetzung der großen Längsgebirge durch die Meere hindurch). Daran ist nicht zu denken, vielmehr würde man eine Hügellandschaft mit flachen Mulden und sanft geböschten Hügeln vor sich sehen. Man denke nur an das ganz flache, für die Kabellegung zwischen Europa und Amerika so überaus günstige Verhältnisse darbietende „Telegraphenplateau“ des Atlantischen Ozeanes. Es ist auch leicht zu begreifen, weshalb die Ausmodellierung der festen Erde am Grunde des Wasserozeanes eine viel weniger wechselvolle als am Grunde des Luftozeanes ist; jene zerstörenden Kräfte der Luft und des rinnenden Wassers sind ja in der Meerestiefe nicht oder so gut wie nicht vorhanden.

Hat man eine namhafte Anzahl gemessener Meerestiefen zur Verfügung, so kann man auch die Mitteltiefe des fraglichen Beckens ermitteln, und alsdann ist auch das mit Wasser erfüllte Volumen dieses Beckens angebbar. Es ist dies eben gleich der Oberfläche, multipliziert mit der mittleren Tiefe. So ergeben sich uns nachstehende Werte (Karstens):

Meeresbecken.	Mittlere Tiefe in m.	Kubischer Inhalt in cbkm.
Großer Ozean	4083	658 000 000
Indischer Ozean	3650	265 000 000
Atlantischer Ozean	3763	300 000 000
Nördl. Eismeer	818	10 000 000
Südl. Eismeer	1500	23 000 000
Mittelmeere im Ganzen	1060	32 500 000

Der Stille Ozean würde demgemäß für sich allein mehr Wasser fassen als alle übrigen Meere der ganzen Erde zusammen genommen.

Zur Untersuchung des Meeresgrundes und zum Aufholen von Bodenproben hat man eigene Apparate

(Schleppnetze, Bodenkratzer) konstruiert, mit denen man u. a. auch die wichtige Thatsache feststellte, daß dem organischen Leben in der Tiefsee keine untere Grenze gesetzt ist. Von der Küstenzone, welche man sich durch die Isobathe (Ortskurve gleicher Meerestiefe) von 200 m nach unten abgegrenzt denkt, muß man bei Besprechung der Beschaffenheit des Meeresgrundes absehen, denn in ihrem Bereiche wiegen zerstörte Uferbestandteile vor; weiterhin aber zeigt sich der Boden wesentlich von den Ueberresten kleiner Tiere und Pflanzen bedeckt, deren kalkige und kieselige Panzer nach dem Absterben des Organismus niedergefallen sind und sich zu massigen Schichten angehäuft haben. Erst der in sehr großer Tiefe beginnende Tiefseethon ist in der Hauptsache eine anorganische Masse, Mergel mit zahllosen, eingelagerten Mineralfragmenten.

Die Farbe des Meerwassers, wie überhaupt eines jeden nicht durch Beimengungen getrübten Wassers, ist reines Blau. Was die durch weiße Versenkungsscheiben oder durch Einsenkung lichtempfindlicher Platten zu prüfende Durchsichtigkeit anbelangt, so ist dieselbe in verschiedenen Meeren auch eine verschieden große; beim Adriatischen Meere z. B. kann man als untere Grenzfläche der Durchsichtigkeit eine 54 m unter dem Wasserspiegel gelegene Horizontalebene gelten lassen. Geändert wird die reine Meeresfärbung nicht selten durch das bekannte Meerleuchten, einen phosphoreszierenden Lichtschimmer, als dessen Ursache uns Ehrenberg eine Reaktion der Körper unzähliger sichtbarer und mikroskopischer Seetiere gegen irgend eine von außen kommende Reizung aufzufassen gelehrt hat. Auch die im Meere treibenden Pflanzen darf der Geograph nicht unbeachtet lassen, denn dieselben schließen sich in der Passatzone

des Atlantischen wie des Stillen Ozeanes zu größeren Ansammlungen (Tangwiesen, Sargasso- oder Kräutermeere) zusammen. Indes hat man mit diesen angeblich weite Räume des erstgenannten Ozeanes in einen Pflanzenteppich verwandelnden Anhäufungen des vom Ufer losgerissenen und auch im Salzwasser noch lange lebensfähigen Sargassum-Krautes vielfach übertriebene Vorstellungen verbunden.

Um über die Verteilung der Temperatur im Inneren der Meere ein Urteil zu gewinnen und die sogenannten Isothermobathen verzeichnen zu können, bedient man sich entweder bloß eines trägen Thermometers, daß so dicht in Kautschuk eingeschlossen ist, daß es während des Heraufholens die ihm mitgeteilte Wärme beibehält, oder auch gewisser Registrierthermometer. Durch die zahlreichen wissenschaftlichen Expeditionen, welche in den letzten Jahrzehnten die Meere durchkreuzt haben, ist eine Reihe allgemeiner Thatsachen auf dem Gebiete der marinen und submarinen Thermometrie ermittelt worden. An der Oberfläche niedriger Breiten ist die jährliche Temperaturschwankung eine geringe, während sie von da ab nach beiden Seiten hin sich vergrößert, um zwischen 30° und 40° nördlicher und südlicher Breite ihren höchsten Betrag zu erreichen und dann wieder polwärts abzunehmen. Schon in verhältnismäßig geringer Entfernung von der Oberfläche hört der jahreszeitliche Wärmegegensatz auf, sich geltend zu machen; die Temperatur nimmt allerorts mit wachsender Tiefe stetig, wenn auch nicht gleichförmig ab, und zwar ist die Abnahme die langsamste zwischen 700 und 1100 m Tiefe, während sie nachher wieder etwas rascher vor sich geht. Eine erst in neuerer Zeit erkannte Vertikalzirkulation der ozeanischen Gewässer bedingt das Aufquellen kalten Polarwassers in den östlichen Teilen

der nach zwei Seiten hin offenen Weltmeere, deren tropische Partien (bezüglich an den Küsten Afrikas und Amerikas) oft überraschend kühl befunden werden. Submarine Bodenschwellen in Mittel- und Randmeeren bewirken, daß die Verbindung derselben mit dem freien Meere durch die dem Sattel entsprechende Niveaufläche abgeschnitten wird; unterhalb dieser Fläche besteht deshalb annähernd konstante Temperatur.

Bekanntlich ist im allgemeinen das Meerwasser salzig, doch kann man es durch Destillation in — trinkbares, wenn auch schales — Süßwasser verwandeln. Unter 1000 Volumteilen Ozeanwasser befinden sich fast 966 Teile wirkliches Wasser, und dazu kommen noch durchschnittlich 26,86 Teile Chlornatrium (Kochsalz), 3,24 Teile Chlormagnesium, 2,2 Teile schwefelsaure Magnesia (Bittersalz) und kleinere Mengen Gips, Chlorkalium u. drgl. Auf hoher See ist der Salzgehalt der stärkste; gegen die Küste hin — wo die Ströme fortwährend Süßwasser zuführen — nimmt er ab und noch mehr verringert er sich in Neben- und Randmeeren. Die Nordsee hat $3^1/_2$% Salzgehalt, das Kattegat 3%, die Ostsee südlich von den Belten $2^1/_4$% und bei Kopenhagen nicht ganz 1%. Auch Luft und freie Kohlensäure finden sich im Meerwasser und zwar letztere in einem eigentümlichen, noch nicht näher erforschten Zustande der Absorption.

Vom Salzgehalte hängt unmittelbar die Dichte oder das spezifische Gewicht des Meerwassers ab. Früher glaubte man, salziges Wasser verhalte sich bei der Abkühlung ebenso wie süßes, es habe seinen höchsten Konzentrationsgrad bei + 4° C. und dehne sich nachher, gegen 0° hin, wieder aus. Es ist dem aber keineswegs so, vielmehr gilt das Gesetz: Im ruhigen Meere nimmt, von Ausnahmefällen abgesehen, die Dichte bis zum Gefrierpunkte zu. Die Maximaldichte wird

im Atlantischen und Indischen Ozean mit 1,0275 erreicht, während sie im Großen Ozean nur bis 1,0270 und in den Rand- wie Mittelmeeren noch weniger hoch ansteigt.

In den zu kälteren Erdräumen gehörigen Meeren schwimmt vielfach Eis umher; was die Entstehung desselben angeht, so sind drei Möglichkeiten wohl auseinanderzuhalten. Das Eis kann einmal Süßwassereis sein, welches von Bächen und Flüssen ins Meer hinausgeflößt worden ist: helle, krystallklare Tafeln, deren Herkunft sofort zu erkennen ist. Weit häufiger ist abgetrenntes Gletschereis. Indem polare Gletscher ihre Zungen bis an den Meeresrand vorschieben, kann in doppelter Weise ein Abbrechen erfolgen; entweder kalbt der Gletscher, indem innerhalb des über ein Steilufer hinausragenden Teiles die Schwere über die Kohäsion obsiegt, oder es bewirkt der hydrostatische Auftrieb, daß sich von dem langsam ins Meer vorrückenden Gletscher ein Stück loslöst. Diese Bruchstücke schwimmen davon und liefern die bekannten Eisberge, welche unter der Einwirkung der Luft und des in ihren Poren eingeschlossenen, beim Kälterwerden sich ausdehnenden Wassers oft die abenteuerlichsten Formen annehmen und von den Meeresströmungen bis zu der von den Polarkreisen ziemlich weit entfernten, mit den klimatischen Verhältnissen hin und her schwankenden äquatorialen Treibeisgrenze hinabgetragen werden. Man verfolgt neuerdings das Auftreten der Eisberge zumal im Atlantischen Ozean genauer, weil ursächliche Beziehungen zwischen Eisberghäufigkeit und Wetter nicht ausgeschlossen sind. Die Eisfelder endlich, jene niedrigen, massigen Eisansammlungen der Polarmeere, welche, wenn sie durch Wind und Strömungen an einander getrieben werden, auf die mannigfaltigste Weise — Schraubeneis, Hummocks — zusammengepreßt werden, sind durch Ge-

frieren des Salzwassers entstanden. Im Augenblicke des Gefrierens scheiden sich aus dem Salzwasser alle Chloridbestandteile aus und bleiben als Salzsoole auf dem Eise stehen; in letzterem finden sich jetzt nur noch die Sulfatbestandteile vor, und daher kommt es, daß sich Seewassereis dem Geschmacke nach von gewöhnlichem Süßwassereise nicht mehr erheblich unterscheidet und, geschmolzen, ein leidliches Trinkwasser liefert. Hat eine anschwimmende Eismasse eine regelmäßige prismatische Gestalt, so kann man leicht angeben, welche Tiefe unter dem Wasser der sichtbaren Höhe des Blockes entspricht. Jeder schwimmende Körper verdrängt eben (Prinzip des Archimedes) so viel Flüssigkeit, daß das Gewicht letzterer dem Gewichte des ganzen Körpers gleich wird.

Wir wenden uns nunmehr dem Meere im bewegten Zustande zu. Es giebt, wie man weiß, bloß zweierlei Bewegungsarten in der Natur: die schwingende oder oszillatorische einerseits und die fortschreitende oder translatorische andererseits. Beide Arten hat man im Meere Gelegenheit zu beobachten. Der Wind erzeugt kleinere, die Anziehung gewisser Himmelskörper erzeugt größere Wellen; in den Meeresströmungen andererseits sehen wir eine Bewegung vor uns, durch welche das davon betroffene Wasser unaufhörlich an andere Stellen im Raume versetzt wird.

Die Wellenbewegung hat, wie man durch Einwerfen leichter Schwimmkörperchen in die bewegte Wassermasse anschaulich machen kann, das Eigentümliche, daß sich kein Flüssigkeitsteilchen weit von seiner Ruhelage entfernt. Die Bahn jedes Teilchens ist eine Trochoide, jene krumme Linie, die ein Punkt des Umfanges eines Kreises beschreibt, welcher selbst auf der konvexen Seite des Umfanges eines anderen Kreises dahinrollt. Man unterscheidet Wellenberge und Wellenthäler.

Wenn zwei verschiedene Wellensysteme sich durchkreuzen, so entstehen Interferenzen; gleiche Phasen summieren, ungleiche Phasen neutralisieren sich gegenseitig. Die vielfach für die Wellenhöhen angegebenen Zahlen sind zu groß, indem — auf hoher See — solche von 12 m Höhe schon eine Seltenheit sind. Die Windwellen, welche sich in bedeutender Entfernung von dem Orte ihres Entstehens nur noch als gleichmäßige Dünung bemerklich machen, sind in ihrer Fortpflanzung verschieden von den Uebertragungswellen, die durch einen einmaligen Anstoß, durch ein Seebeben (S. 48) etwa, ausgelöst werden.

Gegen das Ufer hin richten sich die Wellen steiler auf; die weißen Köpfe fallen, Schaum aufwirbelnd, nach vorne über; es bildet sich das heraus, was man Brandungswoge nennt. Das Profil derselben ist unregelmäßig; besonders ausgezeichnete Formen bietet uns die gefürchtete Kalema von der Küste von Nieder-Guinea (Fig. 18). Die Veränderung der gewöhnlichen Wellengestalt wird nicht nur durch die Reibung am Grunde bedingt, sondern es trägt hauptsächlich der Umstand die Schuld, daß in dem seichter werdenden Wasser der untere Teil der Welle sich nicht mehr in gleicher Größe und Form, wie der obere, ausbilden kann. Uebrigens wird sogar die Brandungswoge, und noch mehr jede andere Wellenkräuselung, durch Aufgießen von Oel besänftigt, denn diese schwerflüssige Masse breitet sich als Häutchen von unglaublich

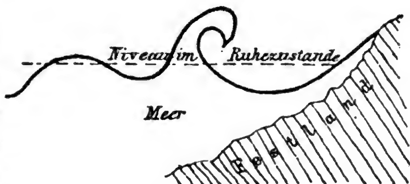


Fig. 18.

geringer Dicke mit überraschender Schnelligkeit über einen sehr großen Teil der Wasserfläche aus.

Durch Interferenz eines direkten und eines von der Uferwand zurückgeworfenen Wellenzuges kann es zu stehenden Schwingungen kommen; der Meeresspiegel hebt und senkt sich dann, gewisse Ruhestellen ausgenommen, in regelmäßigen Pausen. Die eigentümlichen Meeresbewegungen im südlichen Teile des Euripus von Euböa, in welche Klarheit zu bringen Aristoteles verzweifelt haben soll, sind derartige stehende Schwingungen. Auch ist es nicht unwahrscheinlich, daß gewisse starke, aber rasch vorübergehende Gleichgewichtsstörungen in der Ostsee, die unter den Küstenbewohnern als Seebären bekannt sind, in dieselbe Klasse von Erscheinungen gehören.

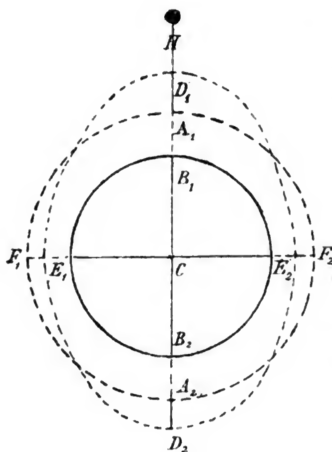


Fig. 19.

Kaum hatte Newton die allgemeine kosmische Gravitation als das die Körper der einzelnen Weltsysteme zusammenhaltende Band erkannt, so war er sich auch klar darüber, daß die Anziehung des Mondes und — in geringerem Maße — der Sonne, jene regelmäßigen Hebungen und Senkungen der Meeresfläche zur Folge habe, welche man Ebbe und Flut, zusammenfassend Gezeiten oder Tiden nennt. In Fig. 19 ist C der gemeinsame Mittelpunkt des Festlandes und des Wasser-

mantels, welche wir uns der Einfachheit halber von konzentrischen Kugelflächen begrenzt denken; H soll der anziehende Weltkörper sein. Die Linie HC schneidet Hydro- und Lithosphäre beziehungsweise in A_1 und A_2, B_1 und B_2. Die Punkte A_1 und B_1 haben H im Zenit, A_2 und B_2 haben H im Nadir. Die Anziehung, welche in A_1 größer als in B_1, in B_2 größer als in A_2 ist, hat zur Folge, daß das Wasser von A_1 gegen D_1, von A_2 gegen D_2 steigt, während in den um 90° von A_1 und A_2 abstehenden Punkten F_1 und F_2 ein Senkung um die Strecken F_1E_1 gleich F_2E_2 eintritt. Mit anderen Worten:

Jeder Zenitflut muß eine Nadirflut am Antipodenpunkte des der anziehenden Maße zunächst gelegenen Punktes der Erde entsprechen; die Oberfläche der Hydrosphäre — und wahrscheinlich auch der einigermaßen elastischen Lithosphäre — nimmt eine ellipsoidische Gestalt an, indem die große Achse durch die Punkte höchster Flut, die kleine durch die Punkte tiefster Ebbe hindurchgeht.

Doch ist die Nadirflut immer etwas kleiner als die Zenitflut. Die Differenz der Kräfte, mit welcher der anziehende Weltkörper auf die Teilchen A_1 und A_2 wirkt, ist der dritten Potenz des Abstandes HC umgekehrt proportional.

Ferner sieht man, daß, da infolge der Erdrotation jedes Gestirn sich in 24 Stunden einmal um die Erde herumzubewegen scheint, das Flutellipsoid seine Lage fortwährend ändern muß. Die Flutwelle umkreist derart die Erdkugel, daß jeder Erdort täglich zweimal Hochwasser, zweimal Niedrigwasser haben muß. Es versteht sich von selber, daß die Verteilung von Wasser und Land den Verlauf beeinträchtigen wird; für einen Küstenort tritt Ebbe und Flut zumeist nicht genau zu der aus der Theorie folgenden Zeit ein, sondern man be-

obachtet einen für den nämlichen Ort ziemlich gleich bleibenden Zeitunterschied, bei den Seeleuten Hafenzeit genannt. Ebenso leuchtet ein, daß bei Neu- und Vollmond die Fluthöhen, welche von Mond und Sonne herrühren, sich summieren, daß dagegen dann, wenn das Dreieck Erde-Mond-Sonne an ersterer einen rechten Winkel hat, die Anziehungskräfte von Mond und Sonne einander teilweise entgegenwirken. Daraus folgt: Springfluten entstehen bei Neu- und Vollmond, Nippfluten (taube Fluten), wenn sich der Mond im ersten oder letzten Viertel befindet.

Da eine schwingende Bewegung sich nach allen Seiten gleichmäßig ausbreitet, so bilden sich unter dem Einflusse der Gezeiten die sogenannte Gezeitenströme; die horizontale Verschiebung des Wellenkammes gegen das Land hin wird der Flutstrom, die entgegengesetzte Verschiebung wird der Ebbestrom genannt. Innerhalb eines schmalen, gegen die Mitte hin sich rasch vertiefenden Kanales können sich nach Airy die Gezeitenströmungen derart beeinflussen, daß zwei Schiffe, von denen das eine am Ufer, das andere in der Kanalachse sich befindet, sich selbst überlassen im Verlaufe von etwas über sechs Stunden je eine volle Umdrehung machen, natürlich in entgegengesetztem Sinne.

Von manchen Flußmündungen ist es bekannt, daß die Flutwelle tief in sie einzudringen pflegt; man bezeichnet diese, zumal an der Garonne, am Amazonenstrom, am Zambesi-Quaqua in Afrika und an einigen chinesischen Flüssen regelmäßig wiederkehrende Erscheinung Flußgeschwelle oder Sturmwelle („Mascaret" im Französischen, „Pororoca" in Südamerika). Es wird nicht etwa nur das ins Meer strömende Wasser zurückgestaut, sondern es bewegt sich thatsächlich wie man es sonst nur bei Erdbebenfluten (S. 48) zu sehen ge-

wohnt ist, ein hoher Wasserberg mit großer Geschwindigkeit landeinwärts. Zur Zeit der Mond-Quadraturen ist Höhe und Wucht der Sturmwelle naturgemäß geringer, als zur Zeit der Mond-Syzygien.

Eine ganz selbständige translatorische Bewegung des Wassers in den Ozeanen tritt uns entgegen in den Meeresströmungen, eigentlichen Flüssen im Meere, die sich über weite Erdräume erstrecken, wie denn, um nur ein treffendes Beispiel anzuführen, westindische Pflanzenkörper schon mehrfach, durch die große atlantische Strömung fortgeschafft, auf der polaren Insel Spitzbergen angetroffen worden sind. Man unterscheidet warme und kalte oder äquatoriale und polare Strömungen; die Wasserfärbung und das Thermometer zeigen dem erfahrenen Seemanne das Vorhandensein oder die Nähe einer Meeresströmung meist schon an, ehe man noch durch Treibkörper die Bewegung direkt nachgewiesen hat. Zur Bestimmung der Oberflächengeschwindigkeit eignen sich sehr gut die bekannten Flaschenposten, wie dies der Erbprinz von Monaco in einer ganzen Menge von Fällen praktisch dargethan hat.

Jeder Ozean hat (S. 76) seine in sich abgeschlossenen Zirkulationssysteme; am wenigsten gilt dies für den Indischen Ozean, dessen größerer nördlicher Teil zu sehr durch die Monsune (S. 64) beherrscht wird, so daß hier nur die durch den Kanal von Mozambique sich ergießende, mit kräftiger Biegung noch ins Atlantische Meer übergreifende Agulhasströmung den wahren Stromcharakter an sich trägt. In letzterem Ozean sind je ein im nördlichen und im südlichen Becken gelegener Stromring zu verzeichnen, deren südlicher dadurch gebildet wird, daß ein mächtiger, von Afrika kommender Strom sich an der Ostküste von Brasilien spaltet und je einen Zweig süd- und nordwestlich entsendet. Der südwestliche

Zweig kehrt später wieder an die afrikanische Küste zurück; der andere durchkreuzt die westindischen Meere und tritt als Floridastrom aus der Meerenge zwischen Florida und Cuba in geringer Breite, aber mit sehr beträchtlicher Geschwindigkeit, hervor. Fächerförmig sich verbreitend, wird er vom amerikanischen Festlande durch die von Norden kommende kalte Labradorströmung abgedrängt und ergießt sich als Golfstrom in den Ozean, um nach dessen Durchquerung seine Arme nach verschiedenen Richtungen hin auszusenden. Einer derselben fließt an der Westküste Grönlands hin und macht dieselbe weit wohnlicher, als es die von einer Polarströmung gestreifte Ostküste ist; ein zweiter Arm (Rennelstrom) verliert sich im Meerbusen von Biscaya; die Wirkungen eines dritten machen sich bis zum Nordkap, bis Novaja Semlja und Spitzbergen (S. 70) bemerklich. Auch im pazifischen Ozean sind zwei ähnliche, durch äquatoriale Driftströmungen scharf geschiedene Stromringe zu erkennen. Der südliche Ring reicht nicht bis an den Körper Südamerikas heran, weil sich zwischen beide die kalte peruanische (Humboldt-)Strömung einzwängt; dem nördlichen, an der Ostseite der japanischen Inselwelt dahinziehenden, ist von den Geographen der auf jener übliche Name Kuróschio (Schwarzer Strom) verliehen worden. Alle Meeresströmungen üben einen klimatischen Einfluß aus; ohne Golfstrom, resp. Floridastrom würde, trotz der maritimen Lage (S. 71), das Klima Großbritanniens, Westnorwegens und Spitzbergens kein so mildes sein, wie es dies wirklich ist, und umgekehrt bildet für die Entstehung der Wüste Atacama (Chile), der einzigen ächten Wüste Südamerikas, der erwähnte kalte Südstrom die hauptsächlichste Ursache.

Was die Erklärung der Meeresströmungen anlangt, so ist wohl zu unterscheiden zwischen den großen ozeanischen

Zirkulationen und jenen örtlichen Ausgleichsströmen, welche regelmäßig in Meeresstraßen, die zwei Becken verbinden, beobachtet werden (Straße von Gibraltar, Dardanellen, Bosporus, Belte, Sund). Für diese letzteren hat Graf Marsigli, der die aus dem Schwarzen Meere in das Marmara-Meer entsendete „Teufelsströmung" genau untersuchte, den Dichteausgleich als Grund angegeben und zugleich zur Erläuterung einen einfachen Versuch beschrieben. Ein viereckiges, durch eine Scheidewand in zwei gleichgroße Teile zerlegtes Gefäß ist zur einen Hälfte mit spezifisch leichterer, zur anderen Hälfte mit spezifisch schwererer Flüssigkeit gefüllt, und wenn die Scheidewand in der, aus der Zeichnung (Fig. 20) ersichtlichen Weise drei Oeffnungen (A, B, C) besitzt, so sieht man durch A und C die Strömung im Sinne der beigesetzten beiden Pfeile sich vollziehen, während um B herum gar keine Bewegung stattfindet. Ein Unterstrom führt salzhaltiges Wasser aus dem offenen Meere in das Nebenmeer, und gleichzeitig wird durch den Oberstrom leichteres Wasser in das freie Meer verbracht.

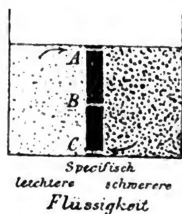


Fig. 20.

Die großen Strömungen wollte man ursprünglich auf Rechnung der Erdumdrehung setzen, allein man übersah dabei, daß letztere zwar eine schon vorhandene Bewegung zu beeinflussen (S. 61), nimmer aber von sich aus eine Bewegung auszulösen vermag. In der That werden die Strömungen durch die erwähnte Ursache auf der Nordhalbkugel nach rechts, auf der Südhalbkugel nach links abgelenkt, aber entstehen müssen sie auf andere Art. Die Annahme, daß ungleiche Erwärmung verschiedener Teile desselben ozeanischen Beckens diese Bewegungen hervorriefe, hat sich ebenfalls nicht aufrecht

halten lassen, nicht etwa, als ob solchergestalt überhaupt nicht Ströme entstehen könnten, sondern deshalb, weil, neueren Untersuchungen englischer Mathematiker zufolge, die so sich ergebenden Fortpflanzungsgeschwindigkeiten niemals jene Werte erreichen können, mit welchen uns die Natur bekannt macht. Die großen ozeanischen Meeresströmungen sind vielmehr das Ergebnis der Adhäsion, welche zwischen der bewegten Luft und der unter ihr befindlichen Wassermasse obwaltet und so letztere zwingt, an der Bewegung auch ihrerseits teilzunehmen. Selbst Orkane dringen mit dem von ihnen ausgeübten Bewegungsantriebe gar nicht tief in das Innere des Meeres ein; während sie wüten, herrscht einige Meter unter dem Wasserspiegel vollkommene Ruhe. Dauerwinde dagegen, welche jahraus jahrein im nämlichen Sinne wehen, mögen sie auch, wie die Passate, nicht eben sehr kräftig zu wehen scheinen, übertragen ihren Bewegungsimpuls durch die innere Reibung von einer unendlich dünnen Flüssigkeitsplatte zur nächst unteren, und wenn der Vorgang nur lange genug andauert, so setzen sich zuletzt auch noch so tief gelegene Wasserschichten in langsame Bewegung. Auch hier kann der einfachste Versuch überzeugend eingreifen: bei A (Fig. 21) sehen wir eine Anzahl ganz gleicher, dünner Platten, etwa Papierbogen, zum rechteckigen Blocke aufgereiht vor uns, und auf die oberste Fläche dieses Blockes denken wir uns einen sanften Impuls durch Streichen mit der Hand in stets unveränderter Richtung ausgeübt. Nach hinlänglich langer Zeit geht hiedurch die anfängliche block-

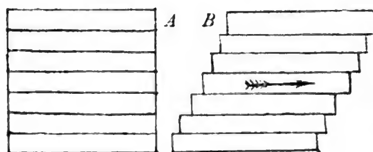


Fig. 21.

förmige in die terrassenförmige Anordnung über, wie sie B zur Anschauung zu bringen sucht.

IX. Die Gewässer des Binnenlandes.

Ein mit Wasser erfüllter Hohlraum der Erdoberfläche ist ein See, und zwar muß der Boden eines Sees, damit er als solcher erhalten bleibe, mit einer für Wasser undurchlässigen Substanz — Alm, Seekreide — ausgekleidet sein, zu welcher die kleinen Kalkpanzer gewisser Algen am meisten beitragen. Es giebt salzige und süße Seen; erstere (Wan-See, Totes Meer, Seen des Utah-Bassins) sind der Zahl nach bedeutend in der Minderheit, und wenn der Zufluß von fließendem Wasser den durch die Verdunstung bewirkten Abgang übertrifft, so verfallen sie mit der Zeit der Aussüßung, wie dies bei den bekannten Mansfelder Seen (westlich von Halle a. d. S.), die freilich in neuester Zeit ihr Wasser größtenteils verloren haben, eingetreten war. Verschwindet dagegen bei Salzseen das Wasser durch Verdunstung, ohne daß für Ersatz gesorgt ist, so bleiben Salzsümpfe und seichte Brackwassertümpel — die „Braakpans“ der Wüste Kalahari — zurück, und wenn gar kein Wasser mehr vorhanden ist, so weist noch die in Persien und Zentralasien häufige Salzwüste, eine mit weißen Salzausblühungen bedeckte Ebene, auf die dereinstige Existenz eines Salzsees hin.

Die Tiefe der Seen darf, nachdem wir von den meisten europäischen Binnenseen zahlreiche Lotungen zur Verfügung haben, als eine überaus wechselnde bezeichnet werden, doch kann man, da im allgemeinen die Uferwände sanft geböscht und Steilabstürze eine Seltenheit sind, immerhin behaupten, daß die Maximaltiefen bei großen Seen ebenfalls größer als bei kleinen Seen sind.

Für die Temperatur der oberen Schichten ist die Bestrahlung durch die Sonne maßgebend, während gegen unten eine fortschreitende Temperaturabnahme statthat. Von E. Richter ist zuerst das Vorhandensein einer Sprungschicht in jedem Alpensee hervorgehoben worden, und es scheint eine solche auch den Seen der Ebene nicht zu fehlen. Innerhalb dieser Sprungschicht, welche bei gewissen Vogesen-Seen nach Thoulet in einer Tiefe von 7—10 m, bei den Seen des „Moränenzirkus“ von Ivrea in einer Tiefe von 8—10 m gelegen ist, vollzieht sich die Veränderung der Temperatur sehr rasch, während von da ab ein langsameres Sinken derselben beobachtet wird. Bei vielen Seen, insbesondere auch bei dem Genfersee, besteht in der Tiefe eine entschiedene Neigung, die Temperatur konstant zu erhalten. Da sich nämlich das Wasser, wie es auch beim Meere (S. 81) der Fall ist, in langsamer Vertikalzirkulation befindet, so erwärmt sich das aufsteigende Wasser bis zu 4°, erreicht dann seine größte Dichte und sinkt wieder unter, so daß mithin eine ziemlich mächtige Schicht von Bodenwasser sich auf der ungefähren Temperatur stärkster Konzentration des Wassers erhält. Daraus ergiebt sich auch die für das Leben der Wassergeschöpfe durchschlagend wichtige Thatsache, daß tiefere Binnenseen niemals bis zum Grunde zugefrieren.

Die Farbe der Seen ist, wie die des Meeres (S. 80), an und für sich blau. Die insbesondere bei Gebirgsseen häufige grüne Färbung wird durch die Anwesenheit aufgelöster organischer und mineralischer Bestandteile, die graue Färbung aber wird dadurch bedingt, daß die durch den See, als durch ihr Läuterungsbecken, hindurchströmenden Gewässer die mitgeführten, zumal die den Gletschern entnommenen Stoffe an das Seewasser abgegeben haben. Ueber die Durchsichtigkeit der Binnen-

seen läßt sich keine allgemeine Regel aufstellen, doch scheint der Transparenzgrad von der Jahreszeit abhängig zu sein. So ließ der piemontesische See von Moncrivello die Versenkungsscheibe im September schon bei 1 m, dagegen der ganz nahe gelegene See von Vivarone im Januar erst bei 10 m Tiefe verschwinden.

Verschiedene Bewegungen giebt es bei den Seen ebenso wie beim Meere (S. 84); der Wind löst Wellen aus, und die — zumeist in tief eingeschnittener Rinne — einen See durchfließenden Ströme (Rhein-Bodensee, Rhône-Genfersee) veranlassen Oberflächenströmungen besonderer Art. Besonderes Interesse gewähren jedoch die sogenannten Seiches, die wir (S. 86) auch schon bei abgeschlossenen Meeresbecken kennen zu lernen hatten, stehende Wasserschwingungen, die



Fig. 22.



Fig. 23.

durch Interferenz eines direkten und eines reflektierten Wellenzuges sich bilden. Die Seiches ergeben gewöhnlich einknotige Wellen, wie sie Fig. 22 darstellt; wenn bei B der Seespiegel sich hebt, so senkt er sich bei A und umgekehrt, während der Knotenpunkt C in völliger Ruhe verbleibt. Doch sollen auch die in Fig. 23 abgebildeten binodalen Wellen gelegentlich vorkommen, die es mit sich bringen, daß die Uferpunkte A und B stets von der nämlichen Bewegungsphase des Seespiegels gleichzeitig betroffen werden, auf der Verbindungsstrecke AB dagegen zwei Punkte C und D unbewegt verharren. Die Ursache dieser zuerst auf dem Genfersee, später aber auf sehr vielen europäischen und fremdländischen Wasserbecken beobachteten Schwingungen hat man ursprünglich in Erdbeben ge-

sucht. Forel hat diese Vermutung endgiltig widerlegt und dafür gezeigt, daß Luftdruckschwankungen sich in diesen rhythmischen Schwankungen des Seeniveaus sozusagen widerspiegeln.

Den Seen nahe stehen morphologisch die Sümpfe, Wasseransammlungen, über deren Oberfläche sich teilweise eine dünne, durch Pflanzenteile zusammengehaltene Decke ausbreitet. Die Tundren der europäisch-asiatischen Polargebiete sind als gefrorene Sümpfe zu betrachten, und zwar rührt ihr Wasser vom Eismeer selbst her, welches aufgefundenen Versteinerungen nach zu schließen, noch in der späteren Tertiärzeit die Tundrengegend bedeckte. Sehr merkwürdige Formen von Sümpfen haben uns Junkers und Casatis Reisen im oberen Nilgebiete kennen gelehrt; diese sogenannten Obä stellen eine anscheinend feste und verfilzte, in Wirklichkeit aber leicht nachgebende Grasvegetation dar, unter welcher sich jedoch nicht etwa stagnierendes, sondern fließendes Wasser befindet. Aehnliches scheint auch auf der Insel Madagaskar vorzukommen. Wenn beim gewöhnlichen Sumpfe die Oberflächendecke eine gewisse Stärke erlangt hat, so wird aus demselben ein Moor; diese Moore erhalten, zumal im nordwestlichen Deutschland, manchmal eine konvexe, stellenweise sogar mit kleinen Seen gekrönte Oberfläche und heißen dann Hochmoore. Als eine besondere Klasse erscheinen die Mineralmoore, das Schlußergebnis einer stetigen Wechselwirkung zwischen den gewöhnlichen torfmoorbildenden Kräften und unzähligen das Moor durchziehenden Eisensäuerlingen.

Wenn Regenwasser zur Erde fällt, so erleidet nicht etwa die ganze Menge das nämliche Schicksal, sondern es ergiebt sich der folgende Sachverhalt: Ein Teil verdunstet direkt an der Erdoberfläche; ein zweiter Teil strömt oberirdisch, in der Form von Bächen und Flüssen, ab; der dritte

Teil endlich wird von den porösen Oberflächenschichten aufgesaugt und verbleibt zunächst in ihnen. Diesen letzteren Teil des atmosphärischen Wassers bezeichnet man als Grundwasser; es erfüllt allenthalben — sogar im Wüstengebiete — den Boden und hat oft eine ziemliche Mächtigkeit, welch letztere vom Vorhandensein einer undurchlässigen Schicht in wechselnder Tiefe abhängt. Das Grundwasser stagniert nicht etwa sondern befindet sich in einem Zustande fortwährender Bewegung; der Grundwasserstrom nimmt seine Richtung wesentlich gegen ein in der Nähe befindliches Flußgerinne hin. Dann verstärkt sich also das Flußwasser aus der Grundwasseransammlung, aber es kann auch der umgekehrte Fall eintreten und sogar ein träger Wasserlauf durch stete Abgabe seines eigenen Wassers an die durchlässigen Uferschichten zum völligen Aufhören gebracht werden (so der bemerkenswerte Hachinger Bach unweit Münchens). Der Stand des in stetem Umflusse befindlichen Bodenwassers ist ganz und gar von den Schwankungen der Regenmenge und Regenhäufigkeit abhängig; die Kenntnis der Höhe, bis zu welcher das Wasser im porösen Boden ansteigt, ist deshalb von Wichtigkeit, weil nach den bekannten, durch zahlreiche lokale Krankheitsfälle bestätigten Untersuchungen v. Pettenkofers ein naher Zusammenhang zwischen dem Grundwasserstande und dem Ausbrechen von Epidemien als unzweifelhaft angenommen werden darf.

Wenn das eingesickerte Wasser an einer für Flüssigkeit undurchdringlichen Schicht angelangt ist, so sammelt es sich an deren Oberfläche an, und falls letztere eine merkliche Neigung gegen den Horizont besitzt, so strömt das Wasser daran so lange ab, bis die Schicht zu Tage tritt. So entstehen die gewöhnlichen Quellen, welche man in perennierende — das ganze Jahr hindurch mit angenähert gleicher Ergiebigkeit

fließende — und in intermittierende — nur zeitweise aufsprudelnde und dann wieder für längere Frist versiegende — einteilt. Bezüglich der letzteren ist, wenigstens in vielen Fällen, an eine Regelung des Ablaufes durch das hydrostatische Hebergesetz zu denken. Der Quellkanal ist ein gewundener, und wenn das in den Hohlraum H (Fig. 24) des Berges einfließende Wasser mit seinem Spiegel unter den inneren Heber-Endpunkt C gesunken ist, muß der Ausfluß bei A aufhören. Eine andere Einteilung der Quellen ist die in kalte und warme; zu den letzteren gehören die indifferenten Thermen, Naturbrunnen von sehr hoher Temperatur (Gastein, Wildbad, Teplitz, Baden bei Wien), deren Wasser, wie schon der Name besagt, keine auszeichnenden chemischen Eigenschaften zukommen, die aber trotzdem für die verschiedensten Leiden des menschlichen Körpers sich heilsam erweisen. Als Mineralquellen haben diejenigen zu gelten, deren Wasser, indem es beim Durchlaufen der Gesteinspalten auf die dort befindlichen Mineralstoffe chemisch und mechanisch einwirkte, durch die so ihm beigemengten Teilchen einen charakteristischen Geruch und Geschmack annahm; ganz frei von solchen Bestandteilen ist ja überhaupt kein Quellwasser, wie man denn nach dem geringeren oder stärkeren Kalkgehalte weiches und hartes Wasser zu unterscheiden gewohnt ist. Zu den Mineralquellen sind auch die inkrustierenden Quellen (Karlsbader Sprudel) zu rechnen, aus denen sich die bekannten Kalk- und Kieselsinterbildungen abscheiden. Das in den Adern des Kalkgebirges umfließende Wasser giebt, wenn es namentlich aus den Wandungen eines inneren Hohlraumes hervortritt, die Kalkbestandteile in Form

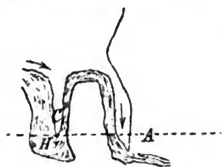


Fig. 24.

eines Niederschlages ab, der an sich zwar unmeßbar dünn ist, gleichwohl aber im Verlaufe eines nicht einmal ungeheuer langen Zeitraumes stattlich anwächst und so die aus den Tropfsteinhöhlen bekannten oft bizarren Bildungen liefert — Stalaktiten, welche von der Decke herabhängen, Stalagmiten, welche von unten nach oben streben und sich mit den ersteren mitunter zu eigentlichen Tropfsteinsäulen vereinigen.

Manche Quellen haben die Eigenschaft, in mächtigen, meist allerdings intermittierenden Springstrahlen hervorzutreten. Dahin gehören die artesischen Brunnen (so genannt nach der Grafschaft Artois, wo man zuerst solche Brunnen gegraben haben soll) und die Schreias der Sahara-Oasen. Nach Durchbohrung undurchdringlicher Schichten a und b (Fig. 25) ist der von Q aus eingesenkte Brunnenschacht bis zu einer wasserhaltigen Schicht bei c gelangt, welche mit einer höher gelegenen Wasseransammlung in Verbindung steht; sowie dies geschehen, tritt das Gesetz der kommunizierenden Röhren in kraft, und

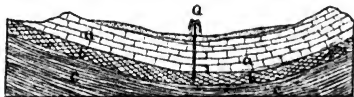


Fig. 25.

eine mächtige Fontäne springt von a aus bis zu dem Horizonte jener Ansammlung empor. In anderen Fällen, so zumal im zerklüfteten Kalkgebirge, können Wasserstauungen ein stoßweises, nach dem Prinzipe des hydraulischen Widders oder Stoßhebers sich richtendes Ausfließen des Quellwassers veranlassen; dies gilt z. B. für die „Estavelles“ im Schweizer Jura und mutmaßlich auch für die eigenartigen Gletscherspringbrunnen, denen A. E. v. Nordenskiöld auf dem grönländischen Binneneise begegnete.

Nicht minder kann der Auftrieb von Gasen (Kohlensäure) derartige Naturfontänen oder intermittierende Gassprudel entstehen lassen (Kissingen, Nauheim); je stärker der Luftdruck ist, desto weniger hoch steigt die Springsäule, und umgekehrt. Wichtiger für den Geographen sind die heißen Sprungquellen dieser Art, die sogenannten Geysirs, welche auf Island, auf Neuseeland und im nordamerikanischen Yellowstone-Nationalpark in der wechselvollsten Mannigfaltigkeit vorkommen und auf das Vorhandensein ehemaliger vulkanischer Herde hinweisen, im übrigen aber keinem einheitlichen Gesetze sich unterordnen lassen. Vielfach — dies trifft namentlich für den Kleinen Geysir zu — sammeln sich wohl nur in unterirdischen Höhlungen heiße Dämpfe an, die nach und nach einen hohen Grad der Spannung erreichen und endlich mit jäher Explosion das in fraglichem Raume und in den benachbarten, aufwärts führenden Röhren befindliche Wasser hinausschleudern.

Wenn aber auch diese Erklärung für diejenigen Geysirs, deren Ausbruch sich in periodischer Folge vollzieht, ganz gut paßt, so eignet sie sich umsoweniger für den durch die Launenhaftigkeit seiner Ausbrüche ausgezeichneten Großen Geysir. Diesen hat Bunsen genau untersucht, und die von ihm aufgestellte Theorie erfreut sich noch jetzt des meisten Beifalles. Das im Steigrohre sich befindende Wasser ist stark erhitzt, und zwar ist für die tieferen Schichten desselben geradezu der überhitzte Zustand anzunehmen, allein, wie die Physik lehrt, ist der Siedepunkt einer Flüssigkeit von dem auf ihr lastenden Drucke abhängig, und der Druck des oberen Wassers ist in unserem Falle stark genug, um ein plötzliches Uebergehen der ganzen Wassermasse aus dem tropfbar-flüssigen in den elastisch-flüssigen Aggregatzustand zu verhindern. Doch bleibt das

Wasser nicht in vollkommener Ruhe, sondern es finden unablässig kleinere Vertikalzirkulationen statt, welche kühleres Wasser in tiefere, wärmeres in höhere, unter schwächerem Drucke stehende Gegenden befördern, und so kann es nicht ausbleiben, daß kleinere örtliche Explosionen stattfinden, wie solche der Erfahrung gemäß dem eigentlichen Auswurfsakte regelmäßig vorausgehen. Zunächst haben dieselben noch keine Bedeutung, allein indem sie sich häufiger widerholen, ist durch sie allmählich gerade so viel Wasser hinausgeschafft worden, als bisher nötig war, um das Sieden zu verzögern, und jetzt tritt mit einem Male die ganze noch im Rohre vorhandene Flüssigkeit in den gasförmigen Zustand über. Gischt und Dampf wird unter heftigen Detonationen in mehreren an Stärke abnehmenden Stößen aus dem Schachte geschleudert, der nunmehr völlig leer geworden ist und sich nur ganz langsam wieder mit dem ihm aus den angrenzenden vulkanischen Bezugsgebieten zufließenden heißen Wasser anfüllt.

Als eine besondere Naturmerkwürdigkeit sind endlich noch die im zerklüfteten Küstengebirge der Karstländer hie und da vorkommenden Brackwasserquellen zu besprechen. Diese Mischung von Süß- und Salzwasser wurde erst verständlich, als man die Meermühlen von Argostoli näher zu studieren anfing. Hier, an einer Halbinsel der jonischen Insel Kephallenia, stürzt das Meer mit solcher Energie in den höhlenreichen Strand, daß es zwei Mühlen (daher der Name) zu treiben imstande ist. Die 59000 Kubikmeter Meerwasser, welche so Tag für Tag dem freien Meere entzogen werden, müssen doch irgendwie dem letzteren wieder zurückgegeben werden, umso mehr, als eine Senkung des Meeresspiegels sich nirgendwo bemerklich macht. Man weiß nun, daß die ganze Karstinsel von Adern und Klüften durchzogen ist, welche

anscheinend von einem großen unterirdischen Becken ausgehen, denn alle Brunnenbohrungen auf Kephallenia stoßen auf angesäuertes Wasser. Wie dasselbe aber von da, dem Gesetze der kommunizierenden Röhren (S. 99) scheinbar entgegen, bis zu den Höhen aufsteigen können, in denen die Quellstränge des Süßwassers verlaufen, dafür sind zwei — sich wohl in vielen Fällen vereinigende — Möglichkeiten denkbar. Rasch an einer Oeffnung vorüberfließendes Wasser zwingt die in einem angrenzenden Hohlraume befindlichen Flüssigkeiten dazu, aufzusteigen, und reißt letztere alsdann mit sich fort (Prinzip des negativen Seitendruckes); wenn ferner die Zuleitungsröhren nach oben sich verjüngen, so kann in ihnen ohnehin eine Flüssigkeit höher ansteigen, als dies an und für sich möglich scheint (Prinzip des Sprungkegels). Ein schematisches Bild des ganzen Vorganges, der bewirkt, daß das ins Ufergestein abgeflossene Meerwasser sich mit süßen Quellleitungen vermischt und durch diese wieder dahin zurückgelangt, von wo es ausgegangen war, sehen wir in Fig. 26 vor uns.

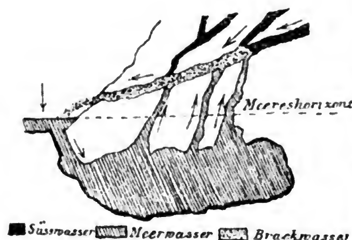


Fig. 26.

Bei den fließenden Gewässern fassen wir vor allem fünf Dinge ins Auge: das Strombett, dessen wechselndes Gefälle zugleich für dasjenige des Stromspiegels selbst maßgebend ist, das Stromgebiet, die Stromentwicklung, die Geschwindigkeit des Fließens und die Wassermenge.

Das Strombett ist bei den meisten Flüssen, der Geröllansammlungen halber, von dem Rinnsale wohl zu unter-

scheiden. Namentlich gilt dies für Gebirgsflüsse, während z. B. beim Kongo eine solche Unterscheidung nicht geboten ist. Im allgemeinen stellt sich uns das Strombett als eine sanft geneigte Ebene dar, deren Böschung im Oberlaufe steiler als im Mittellaufe, und in diesem wieder steiler als im Unterlaufe ist. Ab und zu sind schärfere Neigungen — Stromschnellen — oder sogar Unterbrechungen der stetigen Absenkung — Kaskaden — vorhanden, welch letztere wohl auch zu wirklichen Wasserfällen werden können. Auch giebt es Wasserläufe, deren Bett so steil und unregelmäßig ist, daß sie auf ihrem ganzen Laufe nur einen einzigen zusammenhängenden Wasserfall bilden; dies sind die Gießbäche der Hochgebirge.

Das Stromgebiet im allgemeinsten Sinne ist ein in die feste Erde eingesenkter Hohlraum von beiläufig halbzylindrischer Gestalt, von dessen Wänden das Wasser auf dem kürzestmöglichen Wege nach einer die ungefähre Achse des Halbzylinders einnehmenden Linie, Thalweg genannt, abfließt. Wenn die Gestalt des Hohlraumes eine regelmäßig-geometrische wäre, so würde jenes Wasser den Thalweg niemals erreichen, sondern sich dem letzteren — als einer sogenannten Asymptote — nur mehr und mehr nähern. In der Natur, welche solche Regelmäßigkeit der Formen nicht kennt, spricht sich diese Thatsache in einer sehr weit hinausgerückten Vereinigung von Haupt- und Nebenfluß aus; beide laufen gewöhnlich — das überzeugendste Beispiel liefern die zahlreichen Seitenflüsse des Po in der lombardischen Ebene — ziemlich lange annähernd parallel neben einander her, ehe unter ziemlich spitzem Winkel der wirkliche Zusammenfluß erfolgt. Gegenseitiges Uebergreifen zweier verschiedener Stromgebiete in einander, welches Flußvermischung oder Bifurkation nach sich zieht, ist, soweit man dabei bloß an die Oberfläche und nicht auch zugleich an

den häufigeren unterirdischen Quell-Zusammenhang denkt, eine geographische Seltenheit, während wir allerdings annehmen müssen, daß die stetig fortschreitende erosive Zerstörung der Wasserscheiden künftighin solche Erscheinungen zum öfteren herbeiführen werde. Es kommt dergleichen vor in Westrußland, auf dem altserbischen „Amselfelde“, in der westphälischen Niederung; weitaus am großartigsten jedoch stellt sich uns als natürlicher Stromkanal der Cassiquiare im nördlichen Südamerika dar, durch welchen eine nasse Verbindung zwischen den beiden Stromgebieten des Orinoko und Amazonas hergestellt wird.

Die Stromentwicklung ist wesentlich bedingt durch das Verhältnis der vorkommenden Krümmungen zur Gesamtlauflänge. Letztere zu ermitteln, ist keine leichte Aufgabe; stets ist sie um ein bedeutendes größer als die Luftlinie zwischen Quelle und Mündung. Flußlänge und Größe des Stromgebietes stehen zu einander in keiner angebbaren Beziehung, doch ist eine solche bisweilen vorhanden. Bei Quadiana und Quadalquivir z. B. stehen Lauflänge und Areal des zugehörigen Gebietes in fast genauem Verhältnis.

Zum Zwecke schärferer Bestimmung der Flußgeschwindigkeit hat die Hydrometrie in neuerer Zeit ausreichende Hilfsmittel bereit gestellt. Will man lediglich die Oberflächengeschwindigkeit kennen lernen, so genügt die Anwendung einer Schwimmkugel; legt dieselbe den Weg zwischen A und B in der Zeit t zurück, so braucht man blos mit t in die Strecke AB zu dividieren, um jene Geschwindigkeit zu erhalten. Wenn es sich um größere Tiefen handelt, so sind der Stromquadrant und der Woltmannsche Flügel die geeigneten Meßinstrumente. Im ersteren Falle wird eine, für gewöhnlich lotrecht herabhängende Kugel durch den Wasserstoß aus

der Senkrechten um einen Winkel herausgedreht, dessen Größe ein Maß für die Strömungsenergie liefert, und im zweiten Falle werden zwei Flügelpaare, deren Verbindungslinien sich rechtwinklig durchkreuzen, in eine der Geschwindigkeit des Flusses angenähert proportionale Umdrehung versetzt. Alle diese Apparate gestatten jedoch nur die Bestimmung der Strömungsgeschwindigkeit an einer gegebenen Stelle; die mittlere Strömungsgeschwindigkeit findet dagegen Frank, indem er eine vertikal geschlitzte und mit einem Druckmesser (Manometer) verbundene Röhre so in den Weg des fließenden Wassers stellt, daß dieses eben nur durch den Schlitz einzudringen und die im Inneren befindliche Luft zusammenzupressen vermag. Wenn man eine hinlängliche Anzahl von einzelnen Geschwindigkeitsmessungen besitzt, so kann man dieselben zur Verzeichnung der Isotachen oder Ortskurven mittlerer Strömungsgeschwindigkeit verwerten.

Als Wasserführung bezeichnet die Hydrometrie die in der Zeiteinheit einen bestimmten Stromquerschnitt passierende Wassermenge; dieselbe wechselt natürlich stark mit den Jahreszeiten, d. h. mit den Niederschlagsmengen. Wasserläufe, die aus der mit Schnee erfüllten Hochregion der Gebirge oder gar aus eigentlichem Gletschergebiete stammen, weisen eine mit der Sonnenbestrahlung im Zusammenhang stehende tägliche Flutwelle auf. Wenn von der Wassermenge als solcher die Rede ist, so dürfen auch die oft ungeheuren Mengen von Sinkstoffen (mehr oder minder fein verteilten Festkörpern) nicht außer acht bleiben, welche ein Fluß mit sich führt und, je sanfter sein Gefälle, je träger somit sein Lauf wird, um so reichlicher zu Boden fallen läßt. Fugger und Kastner haben für einen besonders geröllreichen Fluß, die Salzach, eine förmliche Statistik der transportierten Geschiebemassen

aufgestellt und u. a. nachgewiesen, daß die Zahl der rund abgeschliffenen Stücke eine umso größere wird, je länger der Weg und je schwächer die Geschwindigkeit der Strömung geworden ist.

Hinsichtlich der Temperatur der fließenden Gewässer läßt sich sagen, daß die Temperatur der Quelle nur bis in ganz geringe Entfernung von dieser noch nachwirkt, daß vielmehr die von der Sonnenwärme direkt abhängige Lufttemperatur den Erwärmungszustand des Wasserlaufes regelt. Die größere Wärmekapazität des Wassers (S. 64) hat zur Folge, daß im Sommer die Flüsse und Bäche durchweg kälter als die umgebende Luft sind. Das gewöhnliche Flußeis unterscheidet sich äußerlich sehr von dem sogenannten Grundeis, von dem noch nicht als sicher gelten kann, ob es bloß undurchsichtiges Treibeis oder aber, seinem Namen entsprechend, eine Glatteisbildung des Grundes ist. Der Tost oder Treibschnee, ursprünglich ein einfacher Eisbrei, nimmt nach und nach eine körnige Beschaffenheit an und bildet konzentrisch gefügte Tafeln, welche sich durch Rauhfrostbildung (S. 57) unaufhörlich vergrößern. Beim Eisgang auf einem Flusse kann man einen unteren, aus überschobenen Eistafeln bestehenden, und einen oberen Teil erkennen, welch letzterer nur zermalmte Eisbrocken, mit Schnee untermengt, aufweist.

Von den erwähnten Schwankungen der Wassermenge im Strome, führt uns ein Schritt hinüber zu den Ueberschwemmungen. Dieselben treten dann ein, wenn das Bett nicht geräumig genug ist, um die ihm, infolge von plötzlicher Schneeschmelze oder von Wolkenbrüchen im Sammel- oder Einzugsgebiete zuströmenden Wassermassen aufzunehmen; auch kann es sekundäre Ursachen geben, wie die Verstopfung des Bettes durch Schuttmassen, Bergschlipfe oder

Anhäufungen undurchlässiger Gegenstände (die von Emin Pascha beschriebenen Pflanzenbarren Afrikas). Schutzbauten im gebirgigen Ursprungsbezirke eines Flusses können den Ueberschwemmungen teilweise abhelfen; als solche Veranstaltungen sind Fanggräben, Wildbachverbauungen, Thalsperren und im Flachlande Sammelteiche anzusehen. Was die häufig auch aus wasserwirtschaftlichen Gründen angelegten Thalsperren angeht, so sind sie freilich auch nicht ganz gefahrlos, weil die Stirnmauer schon mehrfach dem ungeheuren Seitendruck der aufgespeicherten Wassermassen nachgegeben hat; so platzte am 27. April 1895 das mit 7 Millionen cbm Wasser gefüllte Reservoir im oberen Avièrethale (Französisch-Lothringen), und diese Katastrophe kostete 156 Menschenleben und 40 Millionen Mark Eigentumschaden. Hiegegen, wie gegen die nachteiligen Wirkungen einer Ueberschwemmung, kann telegraphische Benachrichtigung der Uferorte — überhaupt eine rechtzeitige Hochwasserprognose — Schutz gewähren; eine Zentralstelle hat die wahrscheinlich Betroffenen in Kenntnis zu setzen, zu welchem Zeitpunkte man die Hochflutwelle zu erwarten habe.

Ueberschwemmungen können auch Flußdurchbrüche und die Verlegung ganzer Stromläufe zuwege bringen. Dies geschah z. B. am 1. Februar 1840 durch den bekannten Weichseldurchbruch bei Neufahrwasser, welcher bis zu der am 31. Mai 1895 zu Ende geführten Flußkorrektion auch den Schiffen ihren Weg wies; in ganz ungleich höherem Maße hat der Hoangho in China durch die furchtbaren Katastrophen, welche mit seiner nicht seltenen Lauf- und Mündungsänderung Hand in Hand gehen, eine schauerliche Berühmtheit erlangt.

X. Schnee und Eis der Hochgebirge.

Der zur Erde gefallene Schnee stellt nicht etwa eine einheitliche Masse dar, sondern es sind in ihm immer verschiedene Schichtungen und alle möglichen Uebergänge vom leichten, zur Ballung ungeeigneten Körnerschnee zu festeren, eisähnlichen Zuständen wahrzunehmen. Wenn der Schnee auf eine unebene Fläche fällt, so bilden sich förmliche Schneedünen, die aber nicht verwechselt werden dürfen mit den Sastrúgi Sibiriens, regelmäßigen Wellen, welche der stets aus derselben Richtung wehende Wind in die an und für sich vollkommen ebene und gestaltungslose Schneefläche eingezeichnet hat. Im Flachlande und in der unteren Gebirgsregion bringt die mit dem Höhersteigen der Sonne im Frühling und Sommer sich erhöhende Luftwärme den während des Winters gefallenen Schnee allmählich wieder zum Schmelzen, während sie weiter oben dazu nicht mehr die Kraft hat, so daß also von einer gewissen Grenze an nach oben der Schnee überhaupt nicht mehr weggeht. Diese Linie, die man aber durchaus nicht, wie Bouguer vor hundertfünfzig Jahren meinte, als Schnitt der Lithosphäre mit der Isothermfläche von 0° auffassen darf, ist die Schneelinie oder Schneegrenze, die je nach den an der fraglichen Stelle obwaltenden Bestrahlungs- und Feuchtigkeitsverhältnissen eine wechselnde, von der geographischen Breite nur sehr bedingt abhängige Lage einnimmt. An der wärmeren Südseite des Himálaya z. B. reicht der ewige Schnee viel weiter hinab, als an der Nordseite, weil sich an letzterer die extreme Trockenheit des zentralasiatischen Klimas der Bildung von Niederschlägen von vornherein hinderlich erweist.

Die örtliche Beschaffenheit des Bergabhanges wird es

in vielen Fällen natürlich nicht gestatten, die Schneelinie mit voller Regelmäßigkeit zu ziehen: an steilen Lehnen, oberhalb jener, haftet überhaupt kein Schnee, und andererseits kann er unterhalb derselben in geschützter Lage sehr wohl das ganze Jahr über sich erhalten. Man nennt solche vereinzelt und zerstreut liegende Schneemassen Firnflecke, und das Gelände unterhalb der Schneegrenze, in dessen Bereich derartige Anhäufungen sich vorfinden, wird als Firnfleckenlandschaft (Ratzel) bezeichnet. Sie bestimmt in manchen Gebirgen, besonders in dem mit Schneekaren dicht besetzten Karwendelgebirge, geradezu den Charakter der Gegend.

Durch Gleichgewichtsstörungen kommt der Hochgebirgsschnee mitunter in Bewegung und kann dann bis in sehr große Tiefen herab gelangen. Die Lawinen, von denen hier die Rede ist, können Staub-, Rutsch- und Rollawinen sein; erstere werden am meisten gefürchtet, weil durch die von ihnen ausgehenden Druck- und Saugwirkungen auch die Atmosphäre in Mitleidenschaft gezogen wird, und weil der so entstehende Wind der größten mechanischen Kraftleistungen fähig ist. Nach dem Sturze nimmt die Lawine die Form eines Schneekegels an, dessen Basis oder Kopf sich unten befindet; in diesem sind, da eine starke Pressung von oben her erfolgte, alle molekularen Zustände vertreten, welche zwischen Flockenschnee und Eis mitten inne liegen. Unter Umständen wird dadurch ein alter Lawinenrest einem Gletscher so ähnlich, daß der Ungeübte kaum eine Unterscheidung zwischen beiden vorzunehmen, in der Lage ist („Eiskapelle“ bei St. Bartholomä am Königsee).

Durch Druck nämlich, in steter Verbindung mit Temperaturveränderungen, nimmt der leichte Schnee, welcher in bedeutender Höhe über dem Meere gefallen ist, ein immer

fester werdendes Gefüge an, in je größere Tiefen er durch eine langsame Gleitbewegung herabgelangt, und dann nennt man ihn Firn (französisch névé). Der Uebergang ist ein allmähliger und stetiger, denn der Hochfirn ist noch weit schneeähnlicher als der Tieffirn, aus welchem zuletzt das Gletschereis wird. Der bekannte Schneestern (S. 56) hat sich nachgerade in das Firnkorn verwandelt, ein deutlich erkennbares, rundliches Gebilde, welches sich vom Gletscherkorne dadurch unterscheidet, daß letzteres eine eckige Gestalt besitzt. Während somit in der Firnmulde, aus welcher der Gletscher fortwährend neue Nahrung bezieht, die Körner den Raum nicht völlig ausfüllen, sondern durch Eiszement verkittet erscheinen, um eine lückenlose Masse zu bilden, schließen sich die Gletscherkörner enge an einander, wie beides in Fig. 27 zur Anschauung gebracht werden will. So genau ist allerdings der Zusammenschluß der Polyederkanten nicht, daß zwischen ihnen nicht noch feine, in das Innere der Eismasse eindringende Haarspalten übrig blieben, allein diese Spalten sind für Flüssigkeiten völlig undurchlässig.



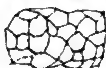


Fig. 27.

Von da an also, wo die das molekulare Individuum des zu Eis verfestigten Firnes darstellenden Körner sich ganz dicht an einander schließen, geht der eigentliche Gletscher (Ferner, Kees, glacier) aus, eine weit mehr nach der Länge als nach der Breite und Tiefe sich erstreckende Eismasse, die in einen natürlichen Hohlraum des Gebirges eingelassen ist und auf dem felsigen Gletscherbett aufruht, mit der immer schmäler werdenden Gletscherzunge aber oft in beträchtliche Tiefen, ja manchenorts — Grönland, Patagonien, Süd-Georgien —

bis zum Meeresufer hinabreicht. Oft hat diese Zunge eine Oeffnung, das Gletscherthor, aus welchem dann gewöhnlich der Gletscherbach hervorströmt. Selten nur ist der Gletscher von seiner Firnmulde bis zur Zunge ein einheitlicher Eisstrom, vielmehr bildet sich der Hauptstrom, wenn dieser Ausdruck gestattet ist, meistenteils aus verschiedenen — der Gornergletscher z. B. aus fünf — Armen, deren jeder wieder sein eigenes Firnbecken besitzt.

Die Gletschergeographie hat festgestellt, daß keinem Erdteile und sogar keinem einigermaßen über die Schneelinie emporragenden Gebirge Firnmulden und daraus versorgte Eisströme gänzlich fehlen; an vielen Orten, wo man sie gegenwärtig vergeblich suchen würde, sind sie untrüglichen, später im Zusammenhange zu erörternden Anhaltspunkten gemäß in jüngerer geologischer Vorzeit vorhanden gewesen. Dabei treten allerdings regionale Verschiedenheiten hervor; den hohen Bergen Kamtschatkas z. B. fehlt es, um nur eines anzuführen, durchaus nicht an eingelagerten Eismassen, aber diesen scheint die zur Anerkennung ihrer Gletschereigenschaft unumgängliche Bewegungstendenz zu fehlen, wohl weil das Bett zu wenig geneigt ist. Als besondere Typen kann man außer dem uns bekanntesten alpinen, auf dessen Wesen sich wesentlich die bisher gegebenen Begriffsbestimmungen bezogen, der aber nicht etwa auf unsere Alpen beschränkt ist, noch den skandinavischen und den grönländischen Typus unterscheiden, welch' letzterer gewissermaßen nur als eine Steigerung des skandinavischen zu betrachten ist. Die in den Becken aufgespeicherte Masse zerfasert sich nicht, wie wir dies in unserem Hochgebirge zu sehen gewohnt sind, in einzelne Eisströme, sondern die ganze Masse schiebt sich gleichmäßig fort, von den äußersten Rand-

partien vielleicht abgesehen. Vielleicht würde man gut thun, die Uebereisung Grönlands gar nicht mehr mit den Gletschern unter einem einheitlichen Gesichtspunkte zusammenzufassen. Durch die Entdeckungsreisen v. Nordenskiölds und Nansens ist uns nämlich die Gewißheit verschafft worden, daß ganz Grönland unter einem zusammenhängenden, in der Mitte wohl ein paar tausend Meter hohen Eispanzer begraben liegt, und ein gleiches Auftreten mächtiger, in des Wortes eigentlichem Sinne paläokrystischer Eismassen (Steineis) ist für die Halbinsel Alaska und für Ostsibirien nachgewiesen worden. Kennzeichnend für den grönländischen Typus des ewigen Binneneises, in dessen Struktur sich übrigens gar manche auf tektonische Störungen (S. 26) zurückzuführende Unregelmäßigkeiten geltend machen, sind in den Randgebieten die Nunataks der Eskimos, vereinzelte Felskuppen, welche sich aus dem Eisozean erheben. Ein besonderer Typus ist der chilenisch-argentinische; Schneefelder sowohl wie Gletscher zeigen sich aufs äußerste zerklüftet, in eine Menge hoher, sonderbar geformter Säulen zerlegt, welche die Neuspanier als „nieve penitente“ (Büßerschnee) bezeichnen.

Wer von der Firnmulde bis zur Zunge über einen Gletscher wandert, der überzeugt sich, daß, wennschon nicht nach einem angebbaren Gesetze, die Gletscherkörner an Größe immer mehr zunehmen. Jedes derselben stellt sich bei der optischen Prüfung als ein einachsiger Krystall dar. In den oberen Teilen des Gletschers ist eine Schichtung unverkennbar, wogegen die gegen das Ende hin stets deutlicher hervortretende Blaublätterstruktur nicht als Schichtung, sondern als Transversalschieferung (S. 21) angesehen werden muß. Gewisse oberflächliche Streifungen des Gletschers — Schmutzbänder, Ogiven — rühren davon her, daß Staub und kleine Stein-

trümmer sich auf der Oberfläche abgelagert haben und durch Schmelzung bis zu einer freilich nur unbedeutenden Tiefe in das Eis eingesunken sind. Diesen Bändern kommt eine ganz eigentümliche Gestalt zu (Fig. 28); sie bilden einen spitzen Winkel, dessen Scheitel dem Gletscherende zugewendet ist, und da diese Anordnung gewiß nicht die ursprüngliche war, so spricht sich in ihr ein unzweideutiger Beleg für die Thatsache aus, daß die Gletschermasse in stetiger Bewegung begriffen ist.

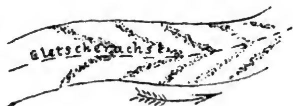


Fig. 28.

Man kann sich hierüber auch auf mehrfache andere Weise Gewißheit verschaffen, sei es, daß man durch die der Geophysik immer unentbehrlicher werdende photogrammetrische Messung die Lage gewisser Gletscherstellen gegen benachbarte Fixpunkte auf den Felsen ermittelt und diese Messung in regelmäßigen Zeitabständen wiederholt; sei es, daß man senkrecht zu der schon ungefähr bekannten Bewegungsrichtung des Gletschers auf diesen eine Anzahl nummerierter Steine legt und nun zusieht, wie sich die ursprüngliche gerade Linie, ähnlich wie bei den Schmutzbändern, nach unten verbiegt. Man konnte so einige Erfahrungswahrheiten gewinnen:

Die Bewegung der Gletscher ist zwar so gut wie kontinierlich, darum aber doch nichts weniger als gleichförmig; in der Mitte ist sie rascher als an den Rändern, ohne daß doch die als Gletscherachse zu betrachtende Linie zugleich die Ortskurve der am raschesten bewegten Oberflächenpunkte wäre. Von der Oberfläche aus nach innen nimmt die Geschwindigkeit des Fortrückens langsam ab.

Mit der Bewegung der Gletscher steht in engster Ver-

bindung die keinem derselben gänzlich fehlende Spaltenbildung. Die oben weit klaffenden, gegen unten an Breite verlierenden Randspalten sind die unmittelbarste Folge der Geschwindigkeitsabnahme mit der Tiefe; die Querspalten finden sich nur an Stellen, wo das Gletscherbett eine plötzliche Aenderung seiner Neigung gegen den Horizont erleidet, und wenn es demgemäß Gletscher ohne Oberflächenspalten gibt, so spricht sich in diesem dem Wanderer erfreulichen Mangel nur die geometrische Regelmäßigkeit der als Bett dienenden Fläche aus. Die Längsspalten endlich weisen darauf hin, daß der Hohlraum, durch welchen hindurch der Gletscher seinen Weg nimmt, an eben dieser Stelle eine plötzliche Querschnittveränderung erfahren hat.

Jeder Gletscher verhält sich physikalisch wie eine dickflüssige Masse, welche gegen Zug aufs äußerste unnachgiebig ist und sich dadurch von den sonst mehrfach verwandten zähflüssigen Körpern unterscheidet. Gegen Druck dagegen ist das Gletschereis plastisch; man kann es durch Pressung in die verschiedenartigsten Formen bringen, durch Hohlformen aus ihm beliebige stereometrische Gebilde herausdrücken u. s. w. Gleichwohl besteht ein grundsätzlicher Gegensatz zwischen Gletschereis und fest gewordenem Wasser nicht; die hexagonale Grundform läßt sich in beiden scheinbar so verschiedenen Körpern aufzeigen (Emden); neuerdings ist dieser Nachweis auch auf die Eisblumen an Fenstern ausgedehnt worden (Prinz). Jedenfalls steht die plastische Eismasse des Gletschers unter dem Einflusse der Schwere, und diese ist es, welche die absteigende Bewegung der ersteren einleitet; indessen ist diese Bewegung selbst mehr als ein bloßes Gleiten, oder es kann als solches doch nur das Fortrücken der alleruntersten Partien längs des Bettes aufgefaßt werden. In größerer Höhe wird der Zug

der Gravitation mächtig unterstützt durch das stete Wachstum der Gletscherkörner; um jedes Korn herum sucht sich, weil der Schmelzpunkt — wie der Siedepunkt (S. 100) — mit dem selbst wechselnden Drucke variiert, neues Eis zu bilden, und dieses wird infolge der Regelation abermals in einem nie rastenden Prozesse der Verfestigung und Wiederverflüssigung erhalten. Die von Faraday entdeckte Regelation zeigt sich darin, daß lediglich durch Druck zwei Eisstücke zum Aneinanderhaften gebracht werden können.

Jenseits des Ortes, an welchem sich augenblicklich die Zunge befindet, gewinnt infolge höherer Luft- und Bodentemperatur die Ablation die Oberhand über die Neigung des Gletschers zum Vorrücken, und die Gletscherbewegung kommt zum Ende. Der Gletscherbach (S. 111), dem sein Wasser großenteils durch oberflächliche, in sogenannten Gletschermühlen durch die Eismasse hindurchgedrungene Schmelzwasserläufe zugeführt wird, läßt in seinem Pegelstande eine tägliche (S. 106) wie auch eine jährliche Periode erkennen, weil eben die Wirkung der auflösenden Sonnenstrahlen sich in seinem Dasein ausgeprägt hat. Oberflächliche Abschmelzung hat auch zur Folge, daß rings um ein durch darüber gelagerte Felsstücke gelagertes Flächenstück das Eis sich verzehrt, so daß endlich nur noch ein Gletschertisch mit schmalem Eisfuße übrig geblieben ist.

Die mehrfach erörterte Frage, ob sich im Inneren eines Gletschers Wasseransammlungen — sogenannte Gletscherstuben — bilden können, ist noch nicht als vollkommen spruchreif zu erachten. In vielen Fällen, welche auf ein solches Vorkommnis hinzudeuten schienen, hat sich als zweifellos herausgestellt, daß thatsächlich nur der Ausbruch eines durch eine Eiszunge aufgestauten Gletschersees vorlag (Hochvernagt-

gletscher, Martellgletscher), aber durch das große Unglück von St. Gervais in Savoyen (August 1892) ist der Standpunkt, den die Mehrzahl der Forscher diesem Probleme gegenüber einnahm, etwas verschoben worden. Die trefflichen, gleich nach dem Vorfalle aufgenommenen Photogramme Delebecques gestatten nämlich kaum eine andere Deutung als die, daß der betreffende Gletscher unter dem Drucke einer in seinem Inneren befindlichen Wassermasse auseinandergeborsten sei.

Die Gletscherzunge ändert, wenn auch nur langsam, ihren Ort, und zwar ist diese Bewegung eine alternierende, Jahre und Jahrzehnte hindurch nach vorwärts, sodann wieder ebensolange nach rückwärts erfolgende. Man spricht jeweils von Gletschervorstößen und Gletscherrückgängen. Soweit man bis jetzt urteilen kann, gilt die Regel:

Auf Jahresperioden von feucht-kühlem Charakter folgen Vorstöße, auf Jahresperioden von trocken-warmem Charakter folgt Rückzug der Gletscher, und zwar ist der Uebergang von der einen zu der anderen Bewegungsrichtung für die gesamte Erde ein im großen und ganzen gleichzeitiger, örtliche Verhältnisse können immerhin hinsichtlich des Termines der Umkehr einen nicht ganz unbeträchtlichen Zeitunterschied bedingen.

Was hier für die Jetztzeit ausgesagt ward, gestattet auch einen sehr wichtigen Rückschluß für vergangene Zeiten. Um jedoch diesen Schluß ziehen zu können, bedarf es noch einer Untersuchung der sogenannten Moränen, jener Stein- und Schuttanhäufungen, welche wohl die allermeisten Gletscher besitzen, wenn auch die Existenz moränenfreier Gletscher kaum ganz wird in Abrede gezogen werden können.

Daß es auf einem Gletscher nicht an Fremdkörpern fehlt, die von außen gekommen sind, haben wir schon bei den Ogiven (S. 113) gesehen. Ablagerungen von Schutt und

Gesteinsgrus bedecken auch schon den Firn, aber es sind Firnfelder bloß Ansammler, nicht auch Beförderer der Schuttmassen. Anders bei den wirklichen Gletschern und den auf ihnen angesammelten oder doch mit ihnen in engster Beziehung stehenden Moränen. Wir unterscheiden die Seitenmoränen oder Gufferlinien von den Ufermoränen, deren Bestandteile beim Herabstürzen von den Berghängen nicht bis auf das Eis selbst gelangt sind, nicht aber von den Mittelmoränen, denn diese sind nur das Ergebnis der Vereinigung zweier oder mehrerer seitlicher Moränen, welche vorher den zum Gesamtgletscher zusammengeschmolzenen Armen angehört haben (vgl. Fig. 29). Eine andere Bewandnis hat es mit der aus feiner verteiltem, geschlemmtem Materiale bestehenden Grundmoräne, die durch Aufarbeitung des Gletscherbettes entsteht. Jenseits der Zunge endlich vereinigen sich Mittel-, Seiten- und Grundmoränen zu der einen nach außen erhabenen Trümmerwall bildenden, das augenblickliche Ende des Gletschers scharf kennzeichnenden Endmoräne.

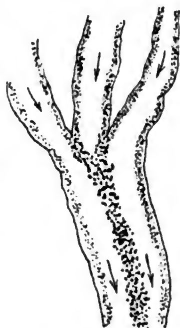


Fig. 29.

Aus dem Umstande, daß Endmoränen häufig weit aus einander liegen, während sie doch unzweifelhaft einunddemselben Gletscher ihre Entstehung verdanken, folgerte man, in Verbindung mit anderen Kennzeichen, eine dereinstige viel größere Erstreckung der Hochgebirgskletscher. Um die Mitte des neunzehnten Jahrhunderts nahm die Lehre von der Eiszeit festere Gestaltung an:

Während der Diluvialzeit (älteren Quartärzeit, S. 23) war ein sehr beträchtlicher Teil der heute eisfreien Erdober-

fläche von den aus den benachbarten Hochgebirgen strahlenförmig herabgestiegenen Gletschern bedeckt, doch war diese Vergletscherungszeit keine zusammenhängende, sondern es schoben sich zwischen dieselbe Interglazialperioden ein, während deren die Vergletscherung ungefähr dieselbe, wie gegenwärtig gewesen zu sein scheint. Zwei solche Zwischenzeiten können als sicher ermittelt gelten.

Für die Eiszeit war also lediglich eine Steigerung der auch heute noch bestehenden Verhältnisse charakteristisch; statt daß die Gletscherzungen schon in größerer Höhe Halt machten, schoben sie sich durch die Flußthäler und über niedrigere Gebirgspässe hinweg weit ins Flachland hinaus vor. Man würde fehlgehen, wollte man annehmen, das Klima sei in jener Zeit ein vollständig anderes, rauheres und mehr polares gewesen als das gegenwärtige; vielmehr konnte, bei einer anderen Verteilung von Wasser und Land (S. 76) und bei hohem Feuchtigkeitsstande, schon eine an sich geringfügige Herabsetzung der Mitteltemperatur im Betrage von 4—5 Graden eine ungemein starke Gletscherentwicklung im Gefolge haben.

Ueber die Frage, ob die Eiszeit eine regelmäßig wiederkehrende sei, sind die Akten noch nicht geschlossen. Der eben hervorgehobene Umstand, daß die einzelnen Uebereisungsperioden durch Zeiträume ganz normaler Gletscherentwicklung unterbrochen waren, sowie der weitere Umstand, daß man an den Versteinerungen indischer Sedimente eine karbonische Eiszeit (S. 23) nachweisen zu können geglaubt haben, würde für die Periodizität sprechen. In diesem Falle müßte wohl an eine kosmische Ursache, in erster Linie an die von den Astronomen (S. 5) erkannte Veränderung der Exzentrizität der Erdbahnellipse, gedacht werden. Jedenfalls giebt es Länder der Erde, für welche die Eiszeit niemals ihre Herr-

schaft geltend zu machen aufgehört hat, wie z. B. Grönland.

Zum Schlusse ist noch der dauernden Ansammlung von Eis an geschützten Oertlichkeiten zu gedenken. Wenn unter Trümmergestein, welches nach allen Seiten von der Luft durchstrichen werden kann, sich Massen von Eis oder verhärtetem Schnee das ganze Jahr hindurch erhalten, so hat man es mit Eislöchern, Eisgerölle, Eisleiten zu thun, und einfacher Hinweis auf die im Bereiche feuchter Geröllhalden niemals fehlende hohe Verdunstungskälte reicht hin, um der Erscheinung alles wunderbare zu nehmen. Anders verhält es sich mit den eigentlichen Eishöhlen oder Eisgrotten im Innern der Berge, deren Eis ein eigentümlich löcheriges Aussehen hat (Alveolarstruktur, Wabeneis). Schwalbe denkt an eine Ueberkühlung der durch die Spalten der Höhlenwandung einträufelnden Tagewasser, und in gewissen Fällen wird diese Anschauung nicht zu verwerfen sein. Im allgemeinen hat man es jedoch mit stagnierender Luft im Inneren zu thun, welche durch die vom Mundloche der Höhle niedersinkende schwerere Luft noch mehr erkältet wird, so daß also das Tropfwasser, indem es mit der kalten Höhlenluft in Berührung kommt, sofort gefrieren muß. Die Wabenbildung beeinträchtigt jedoch die sonstige hexagonale Eisstruktur (S. 55) in keiner Weise.

XI. Morphologie der Erdoberfläche.

Als für eine gewisse Epoche der Erdgeschichte die Schichtenbildung (S. 21) ihren Abschluß gefunden hatte, waren die Erdgebirge allem Vermuten nach zunächst nichts anderes als gewaltige, klotzähnliche Massen ohne namhafte gestaltliche Verschiedenheiten. Selbst die früher (S. 26) besprochenen Dislokationen der Erdrinde änderten wenig an den Einzelheiten; wenn auch durch Faltung, Verwerfung u. s. w. das

innere Gefüge der Gebirge mehrfach verändert wurde, und wenn natürlich diese Veränderungen auch in der Außenseite zum Ausdruck kommen mußten, so verblieb den Erderhebungen gleichwohl noch der Charakter einer gewissen geometrischen Regelmäßigkeit. Erst im Laufe ungeheurer Zeiträume brachten es die unter dem Gesamtnamen der Erosion und Denudation zusammengefaßten Kräfte, aus deren vereinten Wirken hier eine Zerstörung, dort ein Wiederaufbau hervorging, dahin, den Gebirgen ihr Gepräge von heute aufzudrücken, die uns geläufigen Gegensätze von Berg und Thal zu schaffen. Seit der Zeit, da diese Erkenntnis zum Gemeingute der wissenschaftlichen Welt geworden, ist die physische Geographie, die früher nur allzu gerne große Katastrophen zu Hilfe rief, in ein neues Entwicklungsstadium getreten.

Erosion bedeutet soviel wie Ausnagung oder oberflächliche Ausarbeitung des Felsgesteines, während durch die Denudation oder Abtragung — wenn durch das Wasser besorgt, Ablation — die losgelösten Bestandteile fortgeführt, an anderer Stelle aber, da es einen Substanzenverlust auf der Erde nicht geben kann, wieder aufgespeichert werden. Der Erosion, welche die verschiedensten Formen annehmen kann, je nachdem die Luft, das Regenwasser, das rinnende Wasser oder das bewegte Meer die Träger des Zerstörungswerkes sind, arbeitet stets vor die Verwitterung, deren Thätigkeit zum Teile eine chemische, zum Teile eine mechanische ist. Sie bewirkt, daß eine gewisse oberflächliche Lage der in Angriff genommenen Gesteinsmasse, und zwar oft eine Schicht von nicht ganz unbeträchtlicher Dicke, in ihrer molekularen Beschaffenheit tiefgreifende Veränderungen erleidet, sich erweicht und auflöst, so daß also die nachfolgende Erosion den noch vorhandenen Zusammenhang der einzelnen Teilchen leicht vollständig

aufhebt, die Denudation aber mit der Entfernung der so entstandenen lockeren Bestandteile rasch zustande kommt. Die Luft wirkt bekanntlich oxydierend auf die Metalle, und die Baumeister wissen, daß der sich dann bildende Rost die Festigkeit ihrer Baumaterialen auf das schwerste schädigt; in ähnlicher Weise greift aber die Atmosphäre alle ihr dauernd ausgesetzten Oberflächen an. Das vom Himmel fallende Wasser löst chemisch die verschiedensten Mineralien, selbst solche, welche auf Versuche im Laboratorium hin für unlöslich gehalten worden waren, weil eben die Zeit, über welche die Natur verfügt, eine unbegrenzte ist. Auch die Sprengkraft des in die Gesteinsfugen eingeschlossenen, beim Sinken der Temperatur von 4° auf 0° sich mit unwiderstehlicher Gewalt ausdehnenden Wassers leistet ihre Beihilfe. Nicht minder lockern Pflanzenwurzeln, wie z. B. die der ebendaher ihren Namen tragenden Saxifraga, den Zusammenhalt der Teilchen im Inneren des Felsens, wie denn z. B. bei der Zerstörung der Küste von Helgoland gewisse Algen, die Laminarien, wesentlich mitgewirkt haben; Mikroorganismen lassen ihr nitrefizierendes Ferment auf das Gestein wirken; Unterschiede in der Färbung und Wärmeleitung der eine Felsart zusammensetzenden, gesteinsbildenden Mineralien bewirken ein schnelleres Auseinanderfallen der Gesteine in ihre einzelnen Bestandteile, so z. B. des Granites in Feldspat, Quarz und Glimmer, worauf ersterer in eine thonige Masse und zuletzt in den reinen Porzellanthon (Kaolin) sich verwandelt. Sowohl die Ackerkrume als auch der Schmutz unserer Landstraßen sind nichts anderes als Produkte der bis zum höchsten Grade fortgeschrittenen Verwitterung.

Ausgezeichnete Proben, zumal der chemischen Verwitterung, liegen uns vor in den bekannten Schratten- oder

Karrenfeldern der Kalkgebirge; hier ist die Gesteinsoberfläche derart in einzelne Zacken und Schründe zerlegt, daß der Fuß des Wanderers kaum ohne Gefahr sich darauf bewegen kann. Falls nicht, wie bei den Karren, einzelne Bestandteile des Gesteines, andere wieder schwerer zu zersetzen sind, tritt eine gleichmäßigere Abschuppung ein. Bruchspalten gewähren der Verwitterung einen guten Anhalt zum Einsetzen, und so lösen sich Felsarten, die zur Spaltenbildung und Zerklüftung neigen, häufig in einzelne Blöcke auf; vorab Granit- und Syenitmassen zerfallen gerne in sogenannte Felsmeere (Odenwald). Die Abhänge der Berge werden von der Verwitterung natürlich selten ganz gleichmäßig in Anspruch genommen, vielmehr ergeben sich gewöhnlich zonale Verschiedenheiten, welche das Entstehen der landschaftlich reizvollen und das Erklimmen der Höhen erleichternden Verwitterungsterrassen (besonders schön ausgebildet am Glärnisch) begünstigen. Durch die Denudation kommen auch die Schutthalden oder Schuttkegel zustande, welche sich in unseren Bergen an die Abhänge anlehnen und deren natürliche Steilheit abschwächen; da, wo — wie z. B. in der Wüste — die Thätigkeit der Verwitterung eine weitaus geringere ist, fehlt es auch an solchen Schuttmänteln, und die an sich nicht hohen Wände der Wadis, d. h. der fast stets wasserlosen und oft nur alle drei, vier Jahre einmal von einer Hochflut durchbrausten Wasserthäler, sind deshalb so gut wie unersteiglich.

In sehr stark verwitterten Lehm- und Grusmassen arbeitet die nachfolgende Erosion des Regen- und des fließenden Wassers mit besonderer Leichtigkeit. Dies beweist sehr deutlich der in Afrika und Indien weite Bodenflächen überdeckende Laterit (later, der Ziegelstein), ein gelbrötliches Zersetzungsprodukt des anstehenden Gesteines, das durch die Gewässer in oft

verwunderlicher Weise ausgewaschen ist. Aehnliches kommt auch anderwärts im Hochgebirge vor, wie die namentlich in den Tyroler Alpen heimischen, jedoch auch anderwärts anzutreffenden Erdpyramiden (Fig. 30) darthun. Da, wo bröcklicher Schutt, untermischt mit widerstandsfähigen Steinbrocken, eine Berglehne bedeckt oder einen Thaleinschnitt ausfüllt,

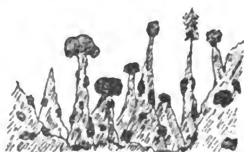


Fig. 30.

decken jene Steintrümmer die senkrecht unter ihnen gelegenen Partien gegen den unmittelbaren Einfluß des einsickernden Regenwassers, das sich aber durch alle Hindernisse hindurch den Weg bis in große Tiefen erzwingt. Zwischen den so durch Erosion entstandenen Hohlräumen bleiben dann, hie und da vereinzelt, mehrenteils aber in Mengen beisammen, steil aufragende Obelisken übrig. Zuletzt stürzt der schützende Deckenstein herab, und dann geht die Lehmsäule nach und nach ihrer Vernichtung entgegen. Wie man sieht, sind die Erdpyramiden in ihrer Art ganz dasselbe, wie die uns bekannten Gletschertische (S. 115); auch auf steinbesäeten Feldern kann man nach stärkeren Regengüssen Miniaturbildungen dieser Art beobachten.

Wir überzeugten uns soeben an einem besonders einfachen Beispiele, daß die Erosion in eine bisher zusammenhängende Masse Hohlräume einzugraben vermögend ist, und wir werden dadurch auf die Frage der Thalbildung geführt. Gewiß giebt es auch ursprüngliche oder klastische Thäler, Risse in der Erdrinde, die ohne Mitwirkung der Erosion entstanden sind, allein dieselben sind jedenfalls viel seltener, als man früher angenommen hatte. Dagegen sind allerdings ihrer Anlage nach viele Thäler geotektonischen Ursprunges, indem durch die Gleichgewichtsstörungen innerhalb der Erdrinde den

zerstörenden Kräften gewisse Leitlinien vorgezeichnet waren, an welche sich haltend, erstere den Prozeß der Vertiefung und Verbreiterung fördern konnten. Endlich sind sehr viele Thäler einzig und allein das Ergebnis der Erosion, und insofern diese es war, welche einen irgendwie beschaffenen Hohlraum der Erdoberfläche seine gegenwärtige, von der anfänglichen oftmals weit abweichende Gestalt verlieh, könnte man ganz wohl sämtliche Thäler als Skulpturthäler bezeichnen.

In manchen Gegenden besorgt wesentlich die bewegte Luft dieses Geschäft der Ausmodellierung, und zwar ist für diese Erosion des Windes oder Deflation sowohl die lebendige Kraft seines Ansturms gegen ein Hindernis, als auch der Umstand maßgebend, daß der Wind mit feinem Sande beladen ist und die Gesteinsfragmente als Geschosse verwendet. Nach Walther wären die Zeugen der libyschen Wüste, Gruppen von einzeln stehenden, in der Form abgekürzter Pyramiden aufragenden Felshügeln, in der Weise entstanden, daß die weicheren Schichten, welche in der Vorzeit die Verbindung zwischen je zwei solchen Kuppen herstellten, vom Winde weggebeizt wurden. Irgendwo muß sich der vom Winde fortgeführte Sand und Staub natürlich wieder niederschlagen, und so kommt es zur Bildung der für Hochasien und das westliche China charakteristischen äolischen oder subaërischen Formation. v. Richthofen bezeichnet dieselben als Löß, und es scheint mit diesem auch die durch ihre Fruchtbarkeit berühmte russische Schwarzerde auf gleiche Stufe gestellt werden zu müssen. Allerdings kommen aber auch anderwärts Aufschüttungen von feiner, leicht zerreibbarer, mit Konkretionen oder „Lößkindchen“ durchsetzten Erde vor, welche man ebenfalls als Löß bezeichnet, welche man aber als Niederschlag aus Gewässern — insonderheit aus dem

Abflußwasser geschmolzener Gletscher — betrachten zu müssen glaubt.

Ganz ungleich vielseitiger gestaltet sich die Erosion des fließenden Wassers, die schon in ihren Grundzügen eine doppelte sein kann. Wenn Wasser in wirbelnder Bewegung über einer Fläche sich bewegt und dabei noch Rollstücke oder fein verteiltes Schleifmaterial in sich trägt, so kann durch Evorsion oder Auswirbelung eine sich nach unten trichterförmig verengende Höhlung ausgedreht werden, wie man dies insbesondere in dem Felskessel, auf welchen ein Wasserfall niederstürzt, des öfteren bemerken kann. Nicht minder üben eine solche „pfropfzieherartige“ Wirkung auf das anstehende Gestein des Gletscherbettes die Gletschermühlen (S. 115) aus, und so ist es nicht zu verwundern, daß Flächen, über welche in geologischer Vorzeit Gletscher hinweggegangen sind, häufig Auswirbelungslöcher aufweisen, die man Strudellöcher, Riesenkessel oder Gletschertöpfe zu nennen gewohnt ist („Gletschergärtchen“ bei Luzern). Allerdings sagt der letztere Name eigentlich zu viel, denn so wenig zu leugnen ist, daß auf altem Glazialboden diese Erscheinung vergleichsweise häufiger als anderwärts uns entgegentritt, so weiß man doch jetzt, daß sie auch an Orten sich findet, welche niemals ein diluvialer Gletscher berührt hat.

Wichtiger unter dem morphologischen Gesichtspunkte ist jedenfalls die neuerdings als Korrasion bezeichnete Erosion des fließenden Wassers. Dieselbe kann selbst wieder in dreifacher Weise sich äußern; sie kann fortschreitend, lateral und rückläufig sein. Unter gewöhnlichen Verhältnissen macht sich zunächst die erstere geltend, d. h. die oberen Teile des später zum Thale werdenden, in die Länge sich erstreckenden Hohlraumes sind bereits in der Hauptsache fertig, ehe auch in

tiefer gelegenen Horizonten die Erosion einzusetzen beginnt. Gleichzeitig aber greift das fließende Wasser auch die schon herausgebildeten Thalwände immer wieder von neuem an, und wenn nun etwa das zur linken befindliche Felsgestein der Zerstörung geringeren Widerstand als das zur rechten anstehende entgegensetzt, so wird sich allmählich ein seitlicher Rücken des Flußbettes und des Thales selbst nach links hin einleiten. Die schmale Landenge z. B., welche bei Toul Maas- und Moselthal trennt, wäre nach Philippsons Ansicht ursprünglich viel breiter gewesen und hätte sich durch seitliche Korrasion bis zum gegenwärtigen Stande verschmälert. Wenn endlich das fließende Wasser in seiner Bewegungsrichtung Hindernisse vorfindet, welche es nur langsam zu bewältigen imstande ist, so wird ein Teil der in ihm aufgespeicherten lebendigen Kraft sich in einer bergaufwärts fortschreitenden Ausnagung des Flußbettes und des angrenzenden Gesteines offenbaren. Es haben zumal niedrige Wasserscheiden unter der rückläufigen Erosion zu leiden, und als ihr Endergebnis sind die sogenannten Thalwasserscheiden (Toblacher Riegel im Pusterthal, Reschen-Scheidegg) aufzufassen. Die von solchen Erhebungen herabrinnenden Bäche oder Flüsse graben sich in entgegengesetzter Richtung immer tiefer ein, so daß schließliche Zerstörung der Wasserscheide und Flußvermischung (S. 103) als das Endergebnis dieses Vorganges betrachtet werden kann, obwohl dasselbe selbstredend erst in ferner Zukunft erreicht werden wird. Beispielsweise verschiebt sich die Wasserscheide des Maloja-Passes (zwischen Engadin und Bergell), die westlich von der Maira, östlich von dem hier noch wasserarmen Inn angegriffen wird, langsam in der Richtung des Innursprunges.

Ungleich weniger bedeutungsvoll für die Thalbildung als

die Korrasion ist aller Wahrscheinlichkeit nach die glaziale Erosion. Man dachte sich, daß ganze Thäler und tiefe Seebecken durch die Gletscher ausgepflügt worden sein. Vorhanden ist dieses zerstörende Element nun ohne Zweifel, wie schon das Vorhandensein der Grundmoräne beweist (S. 117), und man kann sich auch leicht vorstellen, daß Gesteinstrümmer, welche in die Eismasse des Gletschers eingebacken sind und nach unten zu aus ihr hervorragen, einen Eindruck in das Gestein des Bettes machen können. Sehr tief dürfte ein solcher Eindruck jedoch schwerlich ausfallen, denn, wie wir sahen (S. 114), ist das Gletschereis gegen Druck im allerhöchsten Maße plastisch, und es wird demzufolge, wenn das Eis an eine, seinen Weg sperrende Bodenerhebung gelangt, ein solcher Stein sich tiefer in die Gletschermasse als in das feste Hindernis einbohren, so daß also die erosive Thätigkeit gerade keine sehr energische sein wird. Andererseits besitzt allerdings Gestein jeder Art nur eine sehr geringe Frostbeständigkeit und so verwittert der Fels des Gletscherbettes, lediglich durch die Kälte des Eises, leicht genug, um von der an sich schwachen glazialen Ausfurchung leichter mitgenommen zu werden.

Immerhin werden wir sowohl bei der Bildung von Längsthälern, deren Achsenrichtung mit der Streichungsrichtung der das Thal zu beiden Seiten einfassenden Bergketten übereinstimmt, als auch bei der Entstehung von Quer- oder Durchbruchsthälern, deren (meist kurze) Achse mit derjenigen des durchbrochenen Gebirgszuges ungefähr einen rechten Winkel bildet, wesentlich nur an Korrasionswirkungen zu denken haben. Die Ausgrabung der Längsthäler stellt der physischen Erdkunde kein allzu schweres Problem, indem an der Hand der obigen Darlegungen der Vorgang in der Mehrzahl der Fälle

sich leicht begreifen lassen wird. Verwickelter gestalten sich die Verhältnisse bei den Transversalthälern, deren Oeffnung man früher allzu schematisch auffaßte. Man glaubte nämlich, der gegen eine vorliegende Gebirgswand andrängende Wasserlauf werde vor jener zum See aufgestaut, und der Spiegel dieses Sees steige immer höher, bis durch Seitendruck (S. 35) und fortschreitende Erosion die Wand durchnagt wäre, worauf dann ein regelmäßiger Ausfluß des Wassers durch die neue Thalfurche sich einleite. Solche Vorgänge kommen bei Gletscherstauseen (S. 115) und Muhrbrüchen im Gebirge allerdings vor, allein auf die Thalbildung im festen Gesteine lassen sich die hiebei gemachten Erfahrungen nicht ohne weiteres übertragen, und wenn es doch geschah, so konnte man sich eben von der Vorstellung nicht losmachen, daß die Gebirge schon vor den Flüssen dagewesen sein müßten. Neuere Untersuchungen führten zu einer abweichenden Auffassung. Die Flüsse sind vielfach älter als die Gebirge, und während in einem Lande noch die großen tektonischen Umgestaltungen (S. 26) sich vollziehen, können sich die Gewässer in das in teilweiser Hebung befindliche Gelände, in demselben ein Querthal aushöhlend, immer tiefer einschneiden.

Es giebt Erdgegenden, innerhalb deren wir die Erosionsarbeit in ihrer ganzen Vielgestaltigkeit und mit besonderer Eigentümlichkeit sich abspielen sehen. Hierher rechnen wir die Klammen der Alpen, tiefe und äußerst enge Schluchten, welche durch das dereinst — zumal gegen Schluß der Eiszeit (S. 117) — weit mächtiger strömende Gebirgswasser förmlich ausgesägt worden sind (Wimbach- und Seissenbergklamm im Berchtesgadener Lande, Kitzloch- und Lichtensteinklamm im Pongau, Pergine-Klamm bei Trient). Als ungeheuer vergrößerte Klammen können die Cañons gelten, sehr tiefe, nirgends mit solcher

Großartigkeit wie im nordamerikanischen Binnenlande (Territorium Arizona) zu findende Schluchten von genau parallelen Wänden, zu deren Ausgrabung nur erforderlich war, daß ein wasserreicher Fluß durch ein regenloses Gebiet seinen Weg nahm; die Erdrinde hat da, wo sich Cañons bilden, niemals Gleichgewichtsstörungen über sich ergehen lassen müssen, denn man kann an ihren Wandungen sämtliche chronologisch einander nachfolgende Formationen, teilweise vom Karbon bis zum Eozän (S. 23), durch parallele Flächen von einander getrennt, wahrnehmen.

Hier kam vorwiegend die mechanische Seite der Erosion in Betracht, wogegen die teils mechanisch zerstörende, teils chemisch zersetzende Erosion ihren Tummelplatz sozusagen in den Karstregionen findet, welche keinem Erdteile gänzlich fehlen, in Europa aber eine besonders ausgiebige Entfaltung erfahren haben, indem vom Südostrande der Julischen Alpen (bei Laibach) bis zur Südspitze des Peloponneses die Karstformation die herrschende ist. Ausgezeichnet ist dieselbe durch eine tiefgehende Zerklüftung des Kalkgebirges. Diese bewirkt, daß nur wenige Quellen, und diese nur in sehr tiefen Horizonten, fließen, daß sich ferner Seen und Flüsse — ein klassisches Beispiel bietet der schon von den Römern bewunderte Zirknitzersee dar — vielfach durch unterirdische Löcher entleeren und wieder füllen (Saug- und Speilöcher), daß endlich viele Flüsse teils ober-, teils unterirdisch fließen (Unz, Poik, Laibach sind drei Namen für den nämlichen Wasserlauf) und dem Boden scheinbar als Quellen, thatsächlich aber mit solcher Wasserfülle entströmen, daß sie sofort Schiffe tragen können. So hat der mächtige Timavo, der sich nördlich von Triest ins Adriatische Meer ergießt, nur eine Lauflänge von nicht ganz einer Stunde, und es kann einem Zweifel

nicht unterliegen, daß er schon lange im Verborgenen dahingeströmt ist; schon gar oft gelang es, durch Wasserfärbung mit Fluorescin, resp. Uranin die Zusammengehörigkeit weit auseinandergelegener Flußteile zu erweisen, und vielleicht glückt dies dereinst auch noch beim Timavo. Eigentümlich sind jedem verkarsteten Gebirge, so also auch dem fränkischen Jura, zahlreiche Höhlen, unter denen im eigentlichen Karst sowohl wegen ihrer Größe und Verzweigung, als auch wegen der sie schmückenden Tropfsteingebilde diejenigen von Adelsberg, Corgnale und St. Kanzian (alle drei nordöstlich von Triest) die bekanntesten sein dürften. Diese unterirdische Aushöhlung des Karstlandes steht in ursächlicher Verbindung mit den allenthalben die Oberfläche des Bodens „blättersteppig“ bedeckenden trichterförmig eingesenkten Hohlräumen oder Dolinen, denn diese sind großenteils durch den Einsturz der allmählich nachgebenden Decke eines unterirdischen Auslaugungsraumes zustande gekommen, und darum sind auch Einsturzerdbeben (S. 45) in Karstgegenden nichts ungewöhnliches. Uebrigens mag bei der Dolinenbildung, ganz ebenso wie bei der Karbildung im Hochgebirge (S. 120), auch die oberflächliche Verwitterung für sich allein eine vielleicht noch zu wenig studierte Rolle spielen; auf sie führt z. B. E. Richter die Austiefung der großen Zirken des Riesengebirges zurück.

Wenn wir bisher dem fließenden Wasser eine lediglich zerstörende und denudierende Thätigkeit zugeschrieben haben, so dürfen wir doch auch nicht vergessen, daß dieselbe mitunter von einer konstruktiven, neue Landformen bildenden abgelöst wird. Einschneiden, Verbreitern, Ausfüllen des Thalgrundes, das sind nach Heim die drei Stadien der thalbildenden Thätigkeit des Wassers, und zwar darf man dafür halten, daß im Gefolge periodischer klimatischer Veränderungen auch eine ge-

wisse Periodizität in den Formen einhergeht, in welchen sich die dem rinnenden Wasser eigene lebendige Kraft bekundet. Während der Zeiten, da der Fluß nur schwach erodiert, speichert er das vorher abgearbeitete Material in Gestalt von Thal- oder Akkumulationsterrassen auf, wie sie namentlich das Bett unserer Alpenflüsse — vielleicht am großartigsten im Tiroler Mittelgebirge bei Innsbruck ausgesprochen — zu begleiten pflegen.

Evorsion, Korrasion und Gletschererosion im Bunde haben jene Terrainbilder geschaffen, welche für ein in der Eiszeit von ausgedehnten Gletschern überdeckt gewesenes Gebiet charakteristisch sind und heutzutage dem, was wir Moränenlandschaft nennen, entsprechen. In größerer Entfernung vom Ausgangspunkte der vorzeitlichen Gletscher begegnet man fluviatilen Geschiebemassen, die neuerdings, dem Alter entsprechend, in Hochterrassen-, Niederterrassen- und Deckenschotter (letzterer der bekannten Nagelfluh entsprechend) eingeteilt werden konnten; Ringwällen in verschiedenem Abstande vom Gebirge, welche von Hause aus Endmoränen (S. 117) waren und in ihrer Lage ersichtlich machen, daß während der einen Uebereisungsperiode der Gletscher nicht ganz so weit wie in einer anderen vordrang; Strudellöchern und geologischen Orgeln (Thon- oder Zersetzungsschichten, die vom Gletscherwasser in eigenartiger Weise senkrecht ausgehöhlt sind); geglätteten und gestreiften Felsbuckeln (die „roches moutonnées" der französischen Schweiz), denen man es ansieht, daß der Gletscher abreibend über sie hinweggegangen sein muß; endlich Gletscherschliffen mit Schrammen, Gesteinsstellen, welche das Gletschereis oft derart geglättet hat, daß kaum der Fuß darauf zu haften vermag, während die eingekritzten Linien ein deutliches Bild von der dereinstigen Be-

wegungsrichtung des Gletschers entwerfen. Auch die Findlinge oder erratischen Blöcke dürfen nicht fehlen, Felsstücke von allen Größen, deren geognostische Beschaffenheit von derjenigen des Ortes, an dem man sie gegenwärtig antrifft, grundverschieden ist. Was ihre Entstehung anlangt, so standen sich lange Drift- und Glazialtheorie gegenüber. Ersterer zufolge wären die Blöcke auf schwimmenden Eisbergen verfrachtet gewesen, welche im seichten Diluvialmeere strandeten, schmolzen und die mitgeführte Last zu Boden fallen ließen, wo sie nach Ablauf des Wassers liegen blieb; gewichtigere Gründe stehen aber doch wohl den Glazialgeologen zur Seite, nach deren Annahme die Findlinge Reste der alten Oberflächenmoräne (S. 117) darstellen, welche mit dem fortrückenden Eise weit hinaus ins Flachland gelangten und dort abgesetzt wurden, als der große Rückgang der Vergletscherung eingetreten war.

Wenn wir uns auf das Festland beschränken, so sind zwar Sedimentbildung, tektonische Umformung und Erosion in den so verschiedenen Formen ihres Auftretens die drei großen Faktoren, welche die Oberflächengestalt der Erde in erster Linie bedingen; daneben giebt es aber natürlich auch noch so manche an sich mehr untergeordnete, aber doch auch örtlich einflußreiche Naturereignisse, die morphologisch mitwirken und hier nicht gänzlich mit Stillschweigen übergangen werden dürfen. Dahin gehören die vulkanischen Aufschüttungen, welche häufig nivellierend wirken, Mulden und Thäler von geringerem Umfange einebnend, während daneben vielleicht ein neuer Aufschüttungskegel oder Domvulkan (S. 32) sich erhebt. Wie gründlich ist nicht noch 1538 durch die plötzliche Erhebung des Monte Nuovo das Landschaftsbild des Golfes von Neapel geändert worden! Auch die Erdbeben (S. 44) leisten in diesem Sinne ihre Mithilfe. Boden-

spalten klaffen auf (S. 45) und werden nachgerade durch die Erosion vertieft; von den Bergen lösen sich oberflächliche Schichten los und wälzen sich zu Thal, alles auf ihrem Wege niederschmetternd, wie denn vor dem großen Erdbeben von 1348 der Berg Dobratsch (bei Villach) und das an seinem Südfuße sich hinziehende Gailthal ein ganz anderes Aussehen gehabt haben müssen, als es ihnen heute eignet. Damit ein Bergsturz oder ein Bergrutsch (Bergschlipf) entstehe, bedarf es übrigens nicht gerade einer Erderschütterung, vielmehr kann sehr wohl auch die nie rastende Erosion des einsickernden Wassers den Zusammenhang geneigter Schichten derartig lockern, daß die höher gelegene längs der gemeinsamen Grenzfläche abwärts gleitet. Nicht anders geht es zu bei den Uferrutschungen, welche die Böschungsverhältnisse der Ränder von Seen und Flüssen oft gründlich ändern und, wie dies im Juni 1887 bei der vielbesprochenen Katastrophe der Stadt Zug erlebt wurde, schwere Folgen für die davon Betroffenen haben können. Die gleiche Naturerscheinung liegt auch z. B. dem furchtbaren Häuserzusammensturze von Brüx (Juli 1895) zu Grunde; diese nordböhmische Stadt ist teilweise auf ein Sandlager gebaut, und als dieses sich stark mit Feuchtigkeit getränkt hatte, wich der Triebsand in langsamem Flusse von seiner bisherigen Stelle, und damit kam die Fundamentierung aller auf dieser Stelle erbauten Wohnungen ins Wanken. Aehnlich erging es in den fünfziger Jahren dem Dorfe Tschappina in Graubündten.

Jeder Massentransport, wie er mit Bewegungen der bezeichneten Art verknüpft ist, wird die momentane und, wenn dem strömenden Wasser nicht die Kraft zur Durchnagung des Trümmerhaufens verliehen ist, die dauernde Verlegung von Flußläufen einleiten können, wie sich von selbst versteht. Aber

auch die Muhrgänge der Hochgebirgsbäche (S. 128) — Schuttwalzen, welche das tosende Wasser mit sich fortschleppt und da, wo der Abhang weniger steil wird, allgemach ablagert — bringen ein gleiches gar nicht selten zuwege, und im Flachlande erzielt eine analoge Wirkung das besonders an der ungarischen Donau und Theiß zu beobachtende seitliche Wandern der Sandverwehungen. Es gehört zu den wichtigsten Aufgaben der geographischen Morphologie, festzustellen, welches der Lauf eines gegebenen Flusses in früheren Zeiträumen gewesen ist.

Ein besonderes morphologisches Problem erwächst uns ferner mit der Einteilung der Binnenseen nach ihrer Entstehungsursache. Es ist gewiß, daß manche Seen Meeresexklaven oder Reliktenseen sind; so können z. B. Kaspischer und Aral-See zweifellos als Ueberbleibsel eines in der späteren Tertiärzeit tief nach Innerasien vorgedrungenen Pontisch-Sarmatischen Brackwassermeeres betrachtet werden. Aber auch bei den Reliktenseen, mögen sie nun durch Abschnürung (Landhebung) oder Meeresrückgang zu solchen geworden sein, muß doch immer noch gefragt werden, wie denn eigentlich die von Wasser — das sich aber auch wieder verflüchtigt haben kann — erfüllte Wanne zustande gekommen sei. Alle Möglichkeiten erwägend, teilen wir die Binnenseen folgendermaßen in Klassen ein:

a) **Tektonische Seen.** Schon als die großen Leitlinien der Erdoberfläche sich herausbildeten, entstanden Hohlräume, die, soweit sie nicht durch die Erosion später angezapft und entleert wurden, mit meteorischem und mit von den Abhängen herabrinnendem Wasser sich füllten. Hierher gehören z. B. manche Seen im französischen Jura.

b) **Erosionsseen.** Jede Art von Erosion (S. 120) kann

seenbildend wirken. So sind die baltischen Flachlandseen mutmaßlich großenteils Evorsionswirkungen, und Gilbert führt neuerdings auch die Existenz mancher sehr seichter, von Sandhügeln eingefaßter amerikanischer Seen auf die Winderosion (S. 124) zurück. Als ein interessanter Beleg für eine ebensolche Bethätigung der Korrasion (S. 125) mag die den Telpssee im Karwendelgebirge darstellende Fig. 31 dienen. Die schief einfallenden Schichten bethätigen dem vom Berge herabkommenden Wasser und seiner Zerstörungswirkung gegenüber eine verschiedene Widerstandsfähigkeit; AB ist viel unnachgiebiger als DE. So konnte es nicht fehlen, daß in DE eine Höhlung eingeschnitten ward, welche heute den kleinen See C umschließt, und erst dann wird dieser dauernden Abfluß und damit sein Ende finden, wenn die Korrasion auch mit dem vorspringenden Horne bei A fertig geworden sein wird.

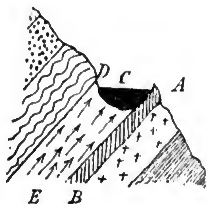


Fig. 31.

c) **Einsturzseen.** Durch Auswaschung und erosive Beseitigung unterirdischer Stützen können Einsenkungen im Gesteine entstehen, die auch mit der Zeit zu Wasserbehältern werden. In diese Abteilung versetzt Penck den Eibsee bei Partenkirchen, und auch die mit Wasser teilweise angefüllten Karstdolinen (S. 130) sind jener zuzurechnen.

d) **Abdämmungsseen.** Wenn Bergsturz, Vermuhrung, Vorschiebung einer Gletscherzunge u. s. w. strömendes Wasser in seinem Laufe aufhalten, so entsteht ein Stausee. So wurde in den siebziger Jahren des vorigen Jahrhunderts der Alleghesee in Venetien abgedämmt; als Eisseen im besonderen sind etwa die Gurgler Lake im Oetzthale und der Märjelensee im

Berner Oberlande zu betrachten. Abdämmungsseen irgend welcher Art sind selten etwas dauerndes; mehrenteils erfolgt (S. 128) ein die Entleerung nach sich ziehender Durchbruch durch eine schwächere Stelle der Umrandung.

e) **Explosionsseen.** In vulkanischen Gegenden bildet sich ein Seebecken gelegentlich dadurch, daß die unterirdischen Kräfte einen Explosionstrichter aufwarfen. Die Kraterseen oder Maare der Eifel (Laachersee, Gillenfelder Maar) und des Albanergebirges (Lago di Nemi) mögen als Beispiele angeführt sein. —

Auch das Meer übt seine Kraftwirkungen sowohl im zerstörenden als auch im aufbauenden Sinne. Verhältnismäßig wenig erosive Kraft wohnt den Meeresströmungen (S. 89) und den Gezeiten (S. 86) selbst bei; einflußreicher sind die Gezeitenströmungen (S. 88); am kräftigsten jedoch wirkt die Brandungswoge. Flachküsten werden, das beweist unsere deutsche Nordseeküste mit der ihr vorgelagerten Guirlande der friesischen Inseln am deutlichsten, direkt zerstückt; Steilküsten, die aus lockerem Materiale aufgebaut sind, unterwühlt das Meer, so daß nach und nach größere und kleinere Stücke herabstürzen (südrussische Steppenküste); felsige Steilküsten endlich werden in der Weise angegriffen, daß in allenthalben homogenes Gestein die Welle halbcylindrische Hohlkehlen von gradliniger Erstreckung — die bekannten Strandlinien des norwegischen Steilufers — einmeißelt, während, wenn Gesteinsmassen von verschiedener Widerstandskraft miteinander abwechseln, durch den Anprall der Wogen und der von ihnen mitgeführten Geschosse — feiner Sand, festere Steinbrocken, Eisschollen — Buchten entstehen müssen. Unter diesen haben den Geographen namentlich die sogenannten Fjorde Anlaß zur Forschung gegeben, tiefe und oft gewundene Ein-

schnitte in die Felsküste, welche gemeiniglich beim Eingange seichter als am Ende sind. Inwieweit bei der Aushöhlung derselben Korrasion und glaziale Erosion (S. 127) mitgewirkt haben mögen, ist eine noch offene Frage. Als höchste Potenz der Meereserosion faßt v. Richthofen die Abrasion auf, von welcher jede mit positiver Verschiebung der Wasserlinie (S. 30) behaftete Steilküste betroffen wird. Indem nämlich die zwischen Hoch- und Niedrigwasser gelegene Uferzone, längs deren der Ansturm der Wogen wirken kann, sich immer weiter nach oben verlegt, verlieren immer ausgedehntere prismatische Stücke des felsigen Küstengebirges ihren Halt und stürzen in sich zusammen, so daß nach und nach eine schief von der Küste gegen das Inland ansteigende Abrasionsfläche entsteht, oberhalb deren alles Land vom Meere verschlungen worden ist.

Die auf erosivem Wege losgetrennten Festlandbestandteile verwendet das Meer dazu, anderwärts Landbildungen vorzunehmen. Aus feinem Meeressande erbaut der Seewind die Küstendünen, Hügel, deren flache Böschung sich dem Strande, deren steile Neigung sich dem Hinterlande zuwendet, und welche, wenn der Mensch nicht durch Einpflanzung verfestigender Gewächse, deren Wurzelgeflechte den Sand aufhält, dieser Tendenz entgegentritt, mit oft nicht unbeträchtlicher Geschwindigkeit landeinwärts wandern. Dann und wann ist alle Mühe vergeblich, und so mußten im Jahre 1895 die Bewohner der am Kurischen Haff gelegenen Ortschaft Preil diese verlassen und sich an sichererem Orte ein neues Heim schaffen. Uebrigens gibt es auch Binnenlanddünen, die teilweise am Rande ehemaliger Meere sich erheben, teilweise auch, ohne jede Mitwirkung des Wassers, als Produkte einer stets gleichbleibenden Windrichtung zu gelten haben. Ihnen begegnet man hauptsächlich im Wüstengebiete, welches sich durch

nahezu absolute Vegetationslosigkeit von der Steppe unterscheidet. Damit eine Steppe oder Wüste entstehe, müssen Klima und Bodenbeschaffenheit zusammenwirken.

Flüsse, welche in das Meer münden, lassen, wenn ihr Wasser mit demjenigen der Meereswellen sich zu vermischen beginnt, die mitgeführten Sinkstoffe (S. 105) fallen, und die Folge davon sind die schon von Strabon mustergiltig geschilderten Schwemmlandbildungen. Aus einer freien Meeresbucht wird durch solche Alluvionen zuerst eine lebende Lagune, die noch an dem großen Pulsschlage der Gezeiten teilnimmt; nachgerade aber geht diese lebende in eine tote, d. h. mehr und mehr verschlämmende und versandende Lagune über. Venedigs Zukunft hängt davon ab, ob es der rastlosen Baggerarbeit für die Dauer gelingt, den erwähnten Verwandlungsprozeß aufzuhalten. Es ist dies möglich, so lange der schmale, Nehrung oder Lido genannte Landstreifen, welcher die Lagune oder das Haff vom freien Meere trennt, noch an einzelnen Stellen unterbrochen ist, aber wenn derselbe, durch Anschwemmung oder Wachstum der Dünen, allmählich zugebaut wird, so geht der abgetrennte Meeresteil in einen stagnierenden, Miasmen aushauchenden Strandsee und zuletzt in einen Strandsumpf über. Indem eine Nehrung sich weiter und weiter vorschiebt, kann es auch geschehen, daß Inseln landfest werden, wie wir dies in Fig. 32 an dem Beispiele des nahe an der Küste der großen Insel Sardinien gelegenen Inselchens St. Antiochus ersehen. Bei a ist die Verfestigung bereits eingetreten; zwischen b und c bereitet sich eine neue Nehrung vor, und nach deren Vollendung ist d, bisher eine Lagune, ein von der See abgeschnürter Strandsee geworden.

Auch die Deltabildungen der Ströme gewinnen dem

Meere fortwährend Raum ab. Die günstigen Bedingungen für solche Bildungen finden sich jedoch nach Credner nur dort, wo ohnehin Land aus dem Wasser hervortritt, wo eine negative Uferlinienverschiebung im Gange ist. Anderenfalls sind trompetenförmig sich erweiternde Strommündungen oder Aestuarien — so genannt, weil in ihnen die Meeresgezeiten

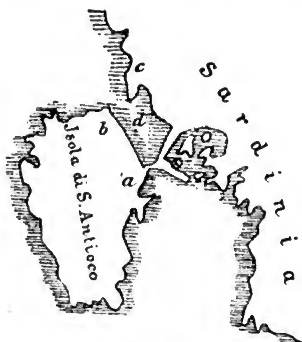


Fig. 32.

sich noch fühlbar machen — das gewöhnlichere. Hierher gehören die Mündungen des Lorenzstromes, des La Plata, der Elbe, in welch letzterer Ebbe und Flut bis gegen Lauenburg hinaufreichen.

Ein Schlußwort gebührt noch den vom Meere vollkommen umschlossenen Festlandteilen oder Inseln, die ebenfalls den Versuch einer genetischen Einteilung ihrer Formen gestatten. Eine solche wird im Folgenden gegeben, ohne jedoch als erschöpfend gelten zu wollen.

a) **Festlandbruchstücke.** Inseln, welche der Küste unmittelbar benachbart, nach der Eigenart ihrer Tier- und Pflanzenwelt ihr durchaus verwandt sind und, durch erosive

Kräfte losgetrennt, nur eine seichte und schmale Meeresstraße zwischen sich und dem Festlande liegen haben. So gehörte die Insel Wight früher sicher zu England, Großbritannien selbst ebenso sicher zu dem Körper von Europa, Sizilien zu Italien. Das bloße Kartenstudium reicht in dieser Hinsicht jedoch keineswegs aus, denn es wäre geologisch verfehlt, Ceylon als Anhängsel von Hindostan, Madagaskar als solches von Afrika zu bezeichnen.

b) **Reste eines untergegangenen Kontinentes.** Schon Columbus erblickte in der Antillen-Reihe die Reste einer ehemaligen Landbrücke zwischen Nord- und Südamerika. Viele Anzeichen sprechen ferner dafür, daß die hinterindischen Inseln, die Maskarenen und Madagaskar die letzten Fragmente eines einstigen großen Festlandes sind, dessen Hauptkörper im Ozean untergetaucht ist. Man hat, weil Halbaffen (Lemuren) eine besonders charakteristische Tierfamilie aller dieser Länder sind, dieses hypothetische Festland Lemuria genannt.

c) **Vulkanische Hebungsinseln.** Im Indischen wie im Pazifischen Ozeane sind vulkanische Aufschüttungen nicht selten, die endlich über dem Meeresspiegel sich erheben. Die Ansicht jedoch, daß auch der Galápagos-Archipel vulkanischer Natur sei (S. 41), wurde von Baur aus zoogeographischen Gründen dahin berichtigt, daß diese Eilande früher einmal vom südamerikanischen Festlande losgerissen worden sein müssen, um erst nachher der Schauplatz vulkanischer Ausbrüche zu werden. Dagegen sind die Neubildungen von Santorin (S. 39) im Ägäischen Meere ächt-vulkanische Inseln.

d) **Organogene Inseln.** Durch Pflanzenteile, die im seichten Meere versinken, kann ein Ansatzkern der Inselbildung gegeben sein, indem die Meeresströmungen Stoffe aller Art herbeiführen, welche sich um diesen Kern herumlagern. Aus-

gezeichnete Landbildner sind die Mangrove-Dickichte der tropischen Küsten (Andamanen-Archipel). Ungleich wichtiger sind aber die von den Korallenpolypen erbauten Inseln, deren es im Indischen Meere und in der Südsee sehr viele gibt, während der Atlantische Ozean nur die Bermudas- und einzelne Mitglieder der Bahamas-Gruppe aufzuweisen hat. Auf einer unterseeischen Kuppe führen, wie dies zuerst Ch. Darwin durch scharfsinnige Analyse der einzelnen Entwicklungsstadien dargethan hat, diese Kalk aussondernden Pflanzentiere, die nur in seichtem und klarem Salzwasser leben können, bei der Berührung mit Süßwasser oder atmosphärischer Luft jedoch sofort verenden, ihre kalkigen Gerüste auf. Dieselben können nur dadurch oberhalb des Meeresspiegels sichtbar werden, daß entweder dieser gesunken oder daß der Meeresgrund gehoben worden ist. Nach ihrer Gestalt zerfallen die Korallenbauten in die an den Küsten — nirgends so gewaltig wie an der Ostküste des australischen Festlandes — sich hinziehenden Saum- oder Barrièreriffe auf der einen und in die der hohen See — vorab Polynesien — eigentümlichen Atolle auf der anderen Seite. Letzteren kommt eine angenähert kreisrunde Gestalt zu, und in ihrem Inneren bergen sie eine meist mit Brackwasser gefüllte Lagune. —

Register.



Pfälz. Kurier: Auch in der **griechischen Altertumskunde von Dr. R. Maisch** ist die Darstellung concis und, ohne den wissenschaftlichen Charakter zu verleugnen, populär im besten Sinne des Wortes.

Lehrer-Zeitung: Wenn eine kurzgedrängte **physikalische Geographie** aus der Feder eines so tüchtigen Fachmannes, wie es Prof. Günther in München ist, erscheint, so ist von vornherein zu erwarten, daß das nur etwas Gutes sein kann Jeder, der das Buch liest, wird sehen, daß er sich in dieser Erwartung nicht getäuscht hat.

Ausland: **Kaum je ist mir ein Buch zu Gesicht gekommen,** das wie Rebmann's „**der menschliche Körper** und **Gesundheitslehre**" auf so kleinem Raum ein so klares Bild von dem Bau und den Thätigkeiten des menschlichen Körpers geboten hätte Ich stehe nicht an, das Werkchen als ein für **den Unterricht höchst brauchbares** zu bezeichnen.

Littbl. d dtsch Lehrerztg.: Die beiden Bändchen „**Hartmann von Aue &c.**" und „**Walther von der Vogelweide**" geben eine Auswahl des **Besten aus dem Besten** unserer **altklassischen deutschen Litteratur** im ursprünglichen Text und gewähren somit für ein Billiges einem jeden Gebildeten die Möglichkeit, die alten Perlen unserer Litteratur in ihrer kernigen, kraftvollen Ursprache selbst kennen zu lernen.

Allg. Zeitung (München): Ellinger bietet in „**Kirchenlied und Volkslied,** geistliche und weltliche Lyrik des 17. und 18. Jahrhunderts bis auf Klopstock" den Schülern ein Handbuch, das den Verständigeren für den deutschen Unterricht gewiß **hochwillkommen** ist.

Berl. philolog. Wochenschrift: **Steuding, griechische und römische Mythologie.** Die überaus schwierige Aufgabe, den wesentlichsten Inhalt auf nur 140 Kleinoktavseiten übersichtlich und gemeinverständlich darzustellen, ist von dem Verfasser des vorstehenden, in der bekannten Art der „Sammlung Göschen" ausgestatteten Büchleins **in höchst anerkennenswerter Weise gelöst worden.**

Zeitschr. f. dtsch. Unterricht: Die „**Althochdeutsche Litteratur**" Schaufflers ist eine **hocherfreuliche Gabe**; sie beruht überall auf den neuesten Forschungen und giebt im Anschluß an Braune, Sievers, Paul, Müllenhoff und Scherer u. a. überall das Wichtigste und Wissenswerteste in knappster Form.

Natur: Es ist geradezu erstaunlich, wie es der rühmlichst bekannte Verlag ermöglicht, **für so enorm billige Preise** so **vorzüglich ausgestattete Werkchen** zu liefern. Das vorliegende Bändchen bringt in knapper und verständlicher Form das Wissenswerteste der **Mineralogie** zum Ausdruck. Saubere Abbildungen erleichtern dem Schüler, für den es in erster Linie bestimmt ist, das Verständnis.

Globus: Es ist **erstaunlich, wie viel diese kleine Kartenkunde bringt,** ohne an Klarheit zu verlieren, wobei noch zu berücksichtigen ist, **daß viele Abbildungen** den Raum stark beengen. **Vortrefflich** wird **die Kartenprojektionslehre** und die **Topographie geschildert.**

Nationalzeitg.: **Es ist bis jetzt in der deutschen Litteratur wohl noch nicht dagewesen,** daß ein Leinwandband von fast 300 Seiten **in vorzüglicher Druck- und Papierausstattung zu einem Preis zu haben war, wie ihn die „Sammlung Göschen" in ihrem neuesten Bande, Mo**

